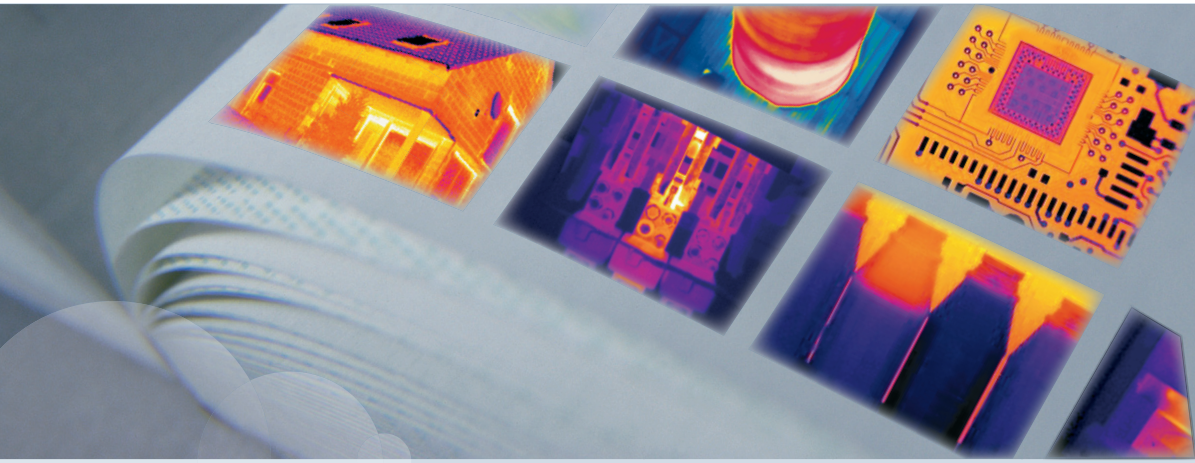
Manuale dell’utente



FLIR Exx series

Publ. No.	T559657
Revision	a572
Language	Italian (IT)
Issue date	November 7, 2011

Manuale dell'utente

Publ. No. T559657 Rev. a572 – ITALIAN (IT) – November 7, 2011

Dichiarazione di non responsabilità

Tutti gli articoli prodotti da FLIR Systems sono garantiti contro difetti nei materiali e di mano d'opera per un periodo di un (1) anno dalla data di spedizione dell'acquisto originale. Tale garanzia è valida solo nel caso in cui il prodotto sia stato conservato, utilizzato e manutenuto in accordo con le istruzioni fornite da FLIR Systems.

Le termocamere a infrarossi senza raffreddamento prodotte da FLIR Systems prevedono una garanzia di copertura della durata di due (2) anni dalla data di consegna del prodotto originale; la finalità di tale garanzia è quella di tutelare l'acquirente nel caso in cui i materiali e la lavorazione del prodotto acquistato risultino difettosi, purché si dimostri che il prodotto sia stato correttamente conservato e utilizzato, che siano state effettuate le opportune procedure manutentive in conformità alle istruzioni fornite da FLIR Systems e che sia stato registrato entro 60 giorni dalla data di acquisto originale.

I rilevatori per le termocamere a infrarossi senza raffreddamento prodotti da FLIR Systems prevedono una garanzia di copertura della durata di dieci (10) anni dalla data di consegna del prodotto originale; la finalità di tale garanzia è quella di tutelare l'acquirente nel caso in cui i materiali e la lavorazione del prodotto acquistato risultino difettosi, purché si dimostri che il prodotto sia stato correttamente conservato e utilizzato, che siano state effettuate le opportune procedure manutentive in conformità alle istruzioni fornite da FLIR Systems e che sia stato registrato entro 60 giorni dalla data di acquisto originale.

I prodotti non costruiti da FLIR Systems ma inclusi nei sistemi spediti da FLIR Systems all'acquirente originale, mantengono la garanzia, se disponibile, prevista soltanto dal particolare fornitore. FLIR Systems non è da ritenersi in alcun modo responsabile per tali prodotti.

Poiché la garanzia vale esclusivamente per l'acquirente originale, non è in alcun modo possibile trasferirla. Inoltre, tale garanzia non è valida per qualsivoglia prodotto utilizzato in modo improprio e in condizioni di funzionamento anormali o accidentali. Le parti di ricambio sono escluse dalla garanzia.

Nell'eventualità in cui si riscontrino difetti in uno dei prodotti coperti dalla presente garanzia, sospendere l'utilizzo del prodotto in modo da impedire che si verifichino danni aggiuntivi. L'acquirente è tenuto a comunicare prontamente a FLIR Systems la presenza di eventuali difetti o malfunzionamenti; in caso contrario, la presente garanzia non è da intendersi effettiva.

FLIR Systems ha la facoltà di decidere, a sua sola discrezione, se riparare o sostituire gratuitamente qualsiasi prodotto nell'eventualità in cui, dopo aver effettuato i debiti accertamenti, il prodotto risulti essere realmente difettoso sia nei materiali che nella lavorazione e purché esso venga restituito a FLIR Systems entro detto periodo di un anno.

Gli obblighi e le responsabilità di FLIR Systems in materia di guasti sono da intendersi limitati alle clausole sopra enunciate.

Pertanto, nessun'altra garanzia è da considerarsi espressa o implicita. FLIR Systems disconosce specificamente qualunque garanzia implicita di commerciabilità e idoneità del prodotto per usi particolari.

FLIR Systems non è da ritenersi in alcun modo responsabile di eventuali danni diretti, indiretti, particolari, accidentali o conseguenti, siano essi basati su contratto, illecito civile o altri fondamenti giuridici.

Questa garanzia è disciplinata dalla legge svedese.

Le eventuali vertenze, controversie o rivendicazioni originate da o collegate a questa garanzia, verranno risolte in modo definitivo tramite arbitrato in conformità con le Regole dell'Arbitration Institute della Camera di Commercio di Stoccolma. La sede dell'arbitrato sarà Stoccolma e la lingua da utilizzare nel procedimento arbitrale sarà l'inglese.

Regolamenti governativi degli Stati Uniti

- I prodotti descritti nella documentazione dell'utente potrebbero richiedere l'autorizzazione del governo per l'esportazione/riesportazione o il trasferimento. Per informazioni dettagliate, contattare FLIR Systems.
- A seconda della licenza e delle procedure di esportazione, questi obiettivi potrebbero essere fissati permanentemente alle termocamere spedite al di fuori degli Stati Uniti. Gli obiettivi intercambiabili ricadono sotto la giurisdizione del Dipartimento di Stato statunitense.

Copyright

© 2011, FLIR Systems. Tutti i diritti riservati. Nessuna parte del software, compreso il codice sorgente, può essere riprodotta, trasmessa, trascritta o tradotta in qualsiasi lingua o linguaggio informatico, in qualunque forma o mediante qualsivoglia supporto elettronico, magnetico, ottico, manuale o altro, senza previa autorizzazione scritta di FLIR Systems.

Tale documentazione non può essere, né in toto né in parte, copiata, fotocopiata, riprodotta, tradotta o trasmessa in forma leggibile da qualsiasi supporto o dispositivo elettronico senza previo consenso scritto da parte di FLIR Systems.

I nomi e i marchi visibili sui prodotti accompagnati dal presente documento sono marchi registrati o marchi di proprietà di FLIR Systems e/o relative filiali. Tutti gli altri marchi, nomi commerciali o di società citati nel presente documento sono usati unicamente a scopo di identificazione e appartengono ai rispettivi proprietari.

Certificazione di qualità

Il Sistema per la gestione della qualità in base al quale vengono sviluppati e realizzati i prodotti FLIR ha ottenuto la certificazione ISO 9001.

FLIR Systems è impegnata a perseguire una politica di continuo sviluppo, pertanto l'azienda si riserva il diritto di apportare modifiche e migliorie, senza previa notifica, a tutti i prodotti descritti nel presente manuale.

Brevetti

Ai prodotti e alla caratteristiche descritte nel presente manuale si applicano uno o più dei seguenti brevetti o registrazioni modello:

0002258-2; 000279476-0001; 000439161; 000499579-0001; 000653423; 000726344; 000859020; 000889290; 001106306-0001; 001707738; 001707746; 001707787; 001776519; 0101577-5; 0102150-0; 0200629-4; 0300911-5; 0302837-0; 1144833; 1182246; 1182620; 1188086; 1285345; 1287138; 1299699; 1325808; 1336775; 1365299; 1402918; 1404291; 1678485; 1732314; 200530018812.0; 200830143636.7; 2106017; 235308; 3006596; 3006597; 466540; 483782; 484155; 518836; 60004227.8; 60122153.2; 602004011681.5-08; 6707044; 68657; 7034300; 7110035; 7154093; 7157705; 7237946; 7312822; 7332716; 7336823; 7544944; 75530; 7667198; 7809258; 7826736; D540838; D549758; D579475; D584755; D599,392; DI6702302-9; DI6703574-4; DI6803572-1; DI6803853-4; DI6903617-9; DM/057692; DM/061609; Numero di registrazione; ZL00809178.1; ZL01823221.3; ZL01823226.4; ZL02331553.9; ZL02331554.7; ZL200480034894.0; ZL200530120994.2; ZL200630130114.4; ZL200730151141.4; ZL200730339504.7; ZL200830128581.2; ZL200930190061.9

EULA Terms

- You have acquired a device (“INFRARED CAMERA”) that includes software licensed by FLIR Systems AB from Microsoft Licensing, GP or its affiliates (“MS”). Those installed software products of MS origin, as well as associated media, printed materials, and “online” or electronic documentation (“SOFTWARE”) are protected by international intellectual property laws and treaties. The SOFTWARE is licensed, not sold. All rights reserved.
- IF YOU DO NOT AGREE TO THIS END USER LICENSE AGREEMENT (“EULA”), DO NOT USE THE DEVICE OR COPY THE SOFTWARE. INSTEAD, PROMPTLY CONTACT FLIR Systems AB FOR INSTRUCTIONS ON RETURN OF THE UNUSED DEVICE(S) FOR A REFUND. **ANY USE OF THE SOFTWARE, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO USE ON THE DEVICE, WILL CONSTITUTE YOUR AGREEMENT TO THIS EULA (OR RATIFICATION OF ANY PREVIOUS CONSENT).**
- **GRANT OF SOFTWARE LICENSE.** This EULA grants you the following license:
  - You may use the SOFTWARE only on the DEVICE.
  - **NOT FAULT TOLERANT.** THE SOFTWARE IS NOT FAULT TOLERANT. FLIR Systems AB HAS INDEPENDENTLY DETERMINED HOW TO USE THE SOFTWARE IN THE DEVICE, AND MS HAS RELIED UPON FLIR Systems AB TO CONDUCT SUFFICIENT TESTING TO DETERMINE THAT THE SOFTWARE IS SUITABLE FOR SUCH USE.
  - **NO WARRANTIES FOR THE SOFTWARE.** THE SOFTWARE is provided “AS IS” and with all faults. THE ENTIRE RISK AS TO SATISFACTORY QUALITY, PERFORMANCE, ACCURACY, AND EFFORT (INCLUDING LACK OF NEGLIGENCE) IS WITH YOU. ALSO, THERE IS NO WARRANTY AGAINST INTERFERENCE WITH YOUR ENJOYMENT OF THE SOFTWARE OR AGAINST INFRINGEMENT. **IF YOU HAVE RECEIVED ANY WARRANTIES REGARDING THE DEVICE OR THE SOFTWARE, THOSE WARRANTIES DO NOT ORIGINATE FROM, AND ARE NOT BINDING ON, MS.**
  - No Liability for Certain Damages. **EXCEPT AS PROHIBITED BY LAW, MS SHALL HAVE NO LIABILITY FOR ANY INDIRECT, SPECIAL, CONSEQUENTIAL OR INCIDENTAL DAMAGES ARISING FROM OR IN CONNECTION WITH THE USE OR PERFORMANCE OF THE SOFTWARE. THIS LIMITATION SHALL APPLY EVEN IF ANY REMEDY FAILS OF ITS ESSENTIAL PURPOSE. IN NO EVENT SHALL MS BE LIABLE FOR ANY AMOUNT IN EXCESS OF U.S. TWO HUNDRED FIFTY DOLLARS (U.S.$250.00).**
  - **Limitations on Reverse Engineering, Decompilation, and Disassembly.** You may not reverse engineer, decompile, or disassemble the SOFTWARE, except and only to the extent that such activity is expressly permitted by applicable law notwithstanding this limitation.
  - **SOFTWARE TRANSFER ALLOWED BUT WITH RESTRICTIONS.** You may permanently transfer rights under this EULA only as part of a permanent sale or transfer of the Device, and only if the recipient agrees to this EULA. If the SOFTWARE is an upgrade, any transfer must also include all prior versions of the SOFTWARE.
  - **EXPORT RESTRICTIONS.** You acknowledge that SOFTWARE is subject to U.S. export jurisdiction. You agree to comply with all applicable international and national laws that apply to the SOFTWARE, including the U.S. Export Administration Regulations, as well as end-user, end-use and destination restrictions issued by U.S. and other governments. For additional information see http://www.microsoft.com/exporting/.

Sommario

1 Avvertenze 1

2 Nota per l'utente 4

3 Assistenza ai clienti 5

4 Aggiornamenti della documentazione 6

5 Nota importante sul manuale 7

6 Elenchi dei componenti 8
6.1 Tipo di fornitura 8
6.2 Elenco di accessori e servizi 8

7 Guida introduttiva 11

8 Componenti della termocamera 12
8.1 Vista da destra 12
8.2 Vista da sinistra 13
8.3 Schermo LCD e tastierina 14
8.4 Vista dalla parte inferiore 16
8.5 Indicatore LED dello stato della batteria 17
8.6 Indicatore LED di alimentazione 18
8.7 Puntatore laser 19

9 Elementi del display 21

10 Spostamento nel sistema di menu 22

11 Connessione di dispositivi esterni e supporti di memorizzazione 23

12 Accoppiamento di dispositivi Bluetooth 25

13 Configurazione Wi-Fi 26

14 Gestione della termocamera 28
14.1 Accensione della termocamera 28
14.2 Spegnimento della termocamera 28
14.3 Regolazione manuale della messa a fuoco della termocamera 29
14.4 Attivazione del puntatore laser 30

15 Operazioni con le immagini 31
15.1 Salvataggio di un'immagine 31
15.2 Anteprima di un'immagine 32
15.3 Apertura di un'immagine 33
15.4 Regolazione di un'immagine termica 34
15.5 Modifica della tavolozza 37
15.6 Eliminazione di un'immagine 38
15.7 Eliminazione di tutte le immagini 39
15.8 Creazione di un report PDF nella termocamera 40

16 Utilizzo delle modalità immagine a fusione termica e Picture in Picture (PiP) 41

17 Utilizzo degli strumenti di misurazione 45
17.1 Aggiunta di strumenti di misurazione: puntatori, aree e così via. 45
17.2 Aggiunta di uno strumento di misurazione: isoterme 46
17.3 Spostamento o ridimensionamento di uno strumento di misurazione 48
17.4 Creazione ed impostazione di un calcolo della differenza 49
17.5 Modifica dei parametri oggetto 50

18 Acquisizione di dati da misuratori Extech esterni 52
18.1 Tipica procedura di misurazione dell'umidità e documentazione 54

19 Utilizzo delle isoterme 55
19.1 Isoterme per edilizia 55

20 Aggiunta di commenti alle immagini 57
20.1 Acquisizione di foto digitali 58
20.2 Creazione di un commento sonoro 59
20.3 Creazione di testo 60
20.4 Creazione di una tabella 61

21 Registrazione di filmati 63

22 Modifica delle impostazioni 64

23 Pulizia della termocamera 65
23.1 Rivestimento esterno, cavi e altri componenti della termocamera 65
23.2 Obiettivo a infrarossi 66
23.3 Rilevatore ad infrarossi 67

24 Dati tecnici 68

25 Disegni dimensionali 69
25.1 Dimensioni termocamera, vista anteriore (1) 69
25.2 Dimensioni termocamera, vista anteriore (2) 70
25.3 Dimensioni termocamera, vista laterale (1) 71
25.4 Dimensioni termocamera, vista laterale (2) 72
25.5 Dimensioni termocamera, vista laterale (3) 73
25.6 Obiettivo a infrarossi (30 mm/15°) 74
25.7 Obiettivo a infrarossi (10 mm/45°) 75
25.8 Batteria (1) 76
25.9 Batteria (2) 77
25.10 Batteria (3) 78
25.11 Caricabatteria (1) 79
25.12 Caricabatteria (2) 80
25.13 Caricabatteria (3) 81
25.14 Caricabatteria (4) 82

26 Esempi di applicazioni 83
26.1 Infiltrazioni di acqua e umidità 83
26.2 Contatto difettoso in una presa 84
26.3 Presa ossidata 85
26.4 Carenze d'isolamento 86
26.5 Corrente d'aria 87

27 Informazioni su FLIR Systems 88

27.1 Molto di più di una semplice termocamera a infrarossi 90
27.2 Le competenze della società a disposizione del cliente 90
27.3 Una società dedicata al supporto dei clienti 90
27.4 Alcune foto degli stabilimenti 91

28 Glossario 93

29 Tecniche di misurazione termografica 97
29.1 Introduzione 97
29.2 Emissività 97
29.2.1 Come stabilire l'emissività di un campione 98
29.2.1.1 Passaggio 1: determinazione della temperatura apparente riflessa 98
29.2.1.2 Passaggio 2: determinazione dell'emissività 100
29.3 Temperatura apparente riflessa 101
29.4 Distanza 101
29.5 Umidità relativa 101
29.6 Altri parametri 102

30 Storia della tecnologia a infrarossi 103

31 Teoria della termografia 108
31.1 Introduzione 108
31.2 Lo spettro elettromagnetico 108
31.3 Radiazione del corpo nero 109
31.3.1 La legge di Planck 110
31.3.2 La legge di spostamento di Wien 112
31.3.3 Legge di Stefan-Boltzmann 113
31.3.4 Emettitori diversi dai corpi neri 114
31.4 Materiali semitrasparenti agli infrarossi 116

32 La formula di misurazione 118

33 Tabelle di emissività 124
33.1 Bibliografia 124
33.2 Nota importante sulle tabelle di emissività 124
33.3 Tabelle 125

1 Avvertenze

AVVERTENZA

- (Si applica esclusivamente ai dispositivi digitali di Classe A). Questa apparecchiatura genera, utilizza e può irradiare energia in radiofrequenza e, se non viene installata e utilizzata in conformità al manuale di istruzioni, può interferire con le comunicazioni radio. Essa è stata collaudata e ritenuta conforme ai limiti relativi ai dispositivi computerizzati di Classe A secondo la Sottoparte J della Parte 15 delle Normative FCC. Questi limiti hanno lo scopo di fornire una protezione ragionevole da interferenze di questo tipo in caso di utilizzo in ambienti commerciali. Se utilizzata in zone residenziali, questa apparecchiatura può provocare interferenze. In tal caso l'utente dovrà adottare, a sue spese, tutte le contromisure adeguate per correggere l'interferenza.
- (Si applica esclusivamente ai dispositivi digitali di Classe B). Questa apparecchiatura è stata collaudata e ritenuta conforme ai limiti relativi a un dispositivo digitale di Classe B secondo la Parte 15 delle Normative FCC. Questi limiti hanno lo scopo di fornire una protezione ragionevole da interferenze dannose in un'installazione residenziale. Questa apparecchiatura genera, utilizza e può irradiare energia in radiofrequenza e, se non viene installata e utilizzata in conformità al manuale di istruzioni, può causare interferenze dannose alle comunicazioni radio. Tuttavia non esiste alcuna garanzia che tali interferenze non possano verificarsi in una particolare installazione. Se tale apparecchiatura dovesse causare interferenze dannose per la ricezione radio o televisiva, determinabili accendendo e spegnendo l'apparecchiatura, l'utente è invitato ad adottare una o più contromisure qui di seguito per tentare di correggere l'interferenza:
  - Riorientare o riposizionare l'antenna ricevente.
  - Aumentare la distanza tra l'apparecchiatura e il ricevitore.
  - Collegare l'apparecchiatura a una presa su un circuito diverso da quello al quale è collegato il ricevitore.
  - Richiedere assistenza al rivenditore o a un tecnico specializzato in apparecchiature radiotelevisive.
- (Si applica esclusivamente ai dispositivi digitali soggetti all'articolo 15.19 e allo standard RSS-210). **NOTA**: questo dispositivo è conforme alla Parte 15 delle Normative FCC e allo standard Industry Canada RSS-210. Il funzionamento è soggetto alle seguenti due condizioni:

  1 l'apparecchio non deve provocare interferenze dannose
  2 e deve accettare eventuali interferenze, comprese quelle che possono provocare un funzionamento indesiderato.
- (Si applica solo ai dispositivi digitali soggetti all'articolo 15.21). **NOTA**: qualsiasi cambiamento o modifica al presente prodotto non espressamente approvata da (nome del produttore) può annullare l'autorizzazione FCC all'utilizzo dello stesso.
- (Si applica solo ai dispositivi digitali soggetti allo standard OET Bulletin 65 2.1091/2.1093). **Informazioni sull'esposizione alle radiazioni in radiofrequenza**:la potenza di uscita irradiata dal dispositivo è molto al di sotto dei limiti di esposizione alla radiofrequenza stabiliti dalla FCC. Ciononostante, il dispositivo deve essere utilizzato in modo tale che risulti minima la possibilità di contatto durante il normale funzionamento.
- (Si applica esclusivamente alle termocamere con puntatore laser) Non fissare il raggio laser. Può irritare gli occhi.

- Si applica solo a termocamere con batteria:
  - Non disassemblare né apportare modifiche alla batteria. Quest'ultima è provvista di dispositivi di sicurezza e protezione che, se danneggiati, possono provocarne il surriscaldamento oppure causare un'esplosione o un incendio.
  - Non sfregare gli occhi, qualora venissero a contatto con il liquido eventualmente fuoriuscito dalla batteria. Sciacquare abbondantemente con acqua e consultare immediatamente un medico, altrimenti si corre il rischio di serie lesioni.
  - Non continuare a tentare di caricare la batteria nel caso in cui la ricarica non avvenga nei tempi previsti. Se si insiste nell'operazione, la batteria può surriscaldarsi, con il rischio di un'esplosione o di un incendio.
  - Per scaricare la batteria, utilizzare esclusivamente il dispositivo appropriato, altrimenti si rischia di compromettere le prestazioni o la durata della batteria. Se non si utilizza il dispositivo appropriato, alla batteria può giungere un flusso di corrente inadeguato che può provocarne il surriscaldamento o addirittura un'esplosione e lesioni alle persone.
- Prima di utilizzare un liquido, leggere attentamente tutte le relative schede con i dati di sicurezza del materiale (MSDS, Material Safety Data Sheets) e le etichette con le avvertenze applicate sui contenitori. I liquidi possono essere pericolosi.

ATTENZIONE

- Non puntare la termocamera, con o senza copriobiettivo, verso fonti a intensa emissione di energia, ad esempio apparecchiature che emettono radiazioni laser o il sole. Ciò potrebbe pregiudicare la precisione del rilevamento dei dati da parte della termocamera e danneggiare il rilevatore.
- Non utilizzare la termocamera a una temperatura superiore a +50°C, a meno che non sia indicato diversamente nella documentazione dell'utente. Le temperature elevate possono danneggiarla.
- (Si applica esclusivamente alle termocamere con puntatore laser) Quando non si utilizza il puntatore laser, proteggerlo con l'apposito copriobiettivo di protezione.
- Si applica solo a termocamere con batteria:
  - Non collegare le batterie direttamente alla presa per l'accendisigari dell'automobile, a meno che non si adotti l'apposito adattatore fornito da FLIR Systems.
  - Non collegare tra loro i terminali positivo e negativo della batteria utilizzando un oggetto metallico, ad esempio un filo elettrico.
  - Non versare acqua dolce o salata sulla batteria ed evitare che la batteria si bagni.
  - Non praticare fori sulla batteria utilizzando oggetti di qualunque tipo. Non colpire la batteria con un martello, non calpestarla ed evitare di sottoporla a forti impatti o urti.
  - Non avvicinare la batteria al fuoco né esporla alla luce solare diretta. Quando la batteria si surriscalda, il dispositivo di sicurezza incorporato si attiva e può interrompere il processo di ricarica. In caso di surriscaldamento, il dispositivo di sicurezza può danneggiarsi, pertanto la batteria rischia di surriscaldarsi ulteriormente, danneggiarsi o incendiarsi.
  - Non collocare la batteria sul fuoco, né riscaldarla con fonti di calore.
  - Non lasciare la batteria in prossimità del fuoco, di fonti di calore o in luoghi ad alte temperature.
  - Non effettuare saldature direttamente sulla batteria.

- Non utilizzare la batteria se, durante il funzionamento, la ricarica o la conservazione, si percepisce un odore insolito, la batteria è calda, cambia colore o forma oppure è in una condizione inconsueta. Se si riscontrano uno o più problemi di questo tipo, contattare la sede di vendita locale.
- Quando si carica la batteria, utilizzare solo uno dei caricabatteria specificati.
- Per caricare la batteria, l'intervallo di temperatura previsto è compreso tra ±0 e +45°C, a meno che non sia indicato diversamente nella documentazione dell'utente. Se la batteria viene caricata a temperature non comprese in questo intervallo, può surriscaldarsi o danneggiarsi oppure possono risultarne pregiudicate le prestazioni o la durata.
- Per scaricare la batteria, l'intervallo di temperatura previsto è compreso tra −15 e +50°C, a meno che non sia indicato diversamente nella documentazione dell'utente. Se si utilizza la batteria a temperature non comprese in questo intervallo, possono risultarne pregiudicate le prestazioni o la durata.
- Se la batteria è usurata, isolare i terminali con nastro adesivo o materiale analogo prima di procedere allo smaltimento.
- Prima di installare la batteria, rimuovere eventuale acqua o umidità.

- Non utilizzare solventi o liquidi equivalenti sulla termocamera, i cavi e gli altri componenti. Potrebbero danneggiarsi.
- Quando si pulisce l'obiettivo a infrarossi, procedere con cautela. L'obiettivo è dotato di un rivestimento antiriflesso.
- Non eccedere nella pulizia dell'obiettivo a infrarossi. Il rivestimento antiriflesso potrebbe rovinarsi.
- Negli altiforni e in altre applicazioni con temperature elevate, è necessario montare una protezione termica sulla termocamera. Se utilizzata in altiforni e in altre applicazioni a temperatura elevata senza la dovuta protezione termica, la termocamera potrebbe danneggiarsi.
- (solo per termocamere con otturatore automatico che può essere disabilitato.) Non disabilitare l'otturatore automatico della termocamera per un periodo prolungato di tempo (max 30 minuti). Superato questo tempo, è possibile che il rilevatore si danneggi, anche irreparabilmente.
- La classe di protezione è valida solo quando tutte le aperture della termocamera sono sigillate dai coperchi, sportellini e cappucci appositi, inclusi, ma non solo, i vani della memoria, delle batterie e dei connettori.

2 Nota per l'utente

Convenzioni tipografiche

Nel presente manuale vengono utilizzate le seguenti convenzioni tipografiche:

- **Grassetto leggero** viene utilizzato per i nomi e i comandi dei menu, nonché per le etichette e i pulsanti delle finestre di dialogo.
- *Corsivo* viene utilizzato per informazioni importanti.
- `Monospace` viene utilizzato per gli esempi di codice.
- MAIUSCOLO viene utilizzato per i nomi dei tasti e dei pulsanti.

Forum degli utenti

Nei forum degli utenti è possibile scambiare idee, problemi e soluzioni termografiche con altri operatori di tutto il mondo. Per accedere ai forum, visitare il sito:

http://www.infraredtraining.com/community/boards/

Calibrazione

Questo avviso si applica solo alle termocamere con capacità di misurazione.

Si consiglia di inviare la termocamera per la calibrazione una volta all'anno. Rivolgersi all'ufficio commerciale locale per l'indirizzo a cui inviare la termocamera.

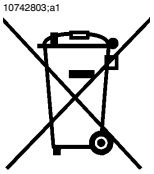
Precisione

Questo avviso si applica solo alle termocamere con capacità di misurazione.

Per ottenere risultati precisi si consiglia di attendere 5 minuti dopo l'avvio della termocamera prima di misurare la temperatura.

Per le termocamere il cui rilevatore è raffreddato meccanicamente, questo periodo di tempo non comprende quello previsto per il raffreddamento del rilevatore.

Smaltimento di materiale elettronico



Come perla maggior parte dei prodotti elettronici, è necessario predisporre lo smaltimento di questa attrezzatura in conformità alle norme esistenti in materia di tutela ambientale e gestione dei rifiuti elettronici.

Per ulteriori informazioni, contattare il rappresentante FLIR Systems.

Formazione

Per informazioni sui corsi disponibili relativi alla termografia, visitare il sito:

- http://www.infraredtraining.com
- http://www.irtraining.com
- http://www.irtraining.eu

3 Assistenza ai clienti

Info generali

Per ottenere l'assistenza clienti, visitare il sito:

http://support.flir.com

Invio di una domanda

Per sottoporre una domanda al team dell'assistenza clienti è necessario essere un utente registrato. La registrazione online richiede solo pochi minuti e non è obbligatoria invece per cercare domande e risposte esistenti nella knowledge base.

Quando si desidera sottoporre una domanda, tenere a portata di mano le seguenti informazioni:

- Modello di termocamera
- Numero di serie della termocamera
- Protocollo o tipo di collegamento fra la termocamera e il PC (ad esempio, Ethernet, USB™ o FireWire™)
- Sistema operativo installato nel computer
- Versione di Microsoft® Office
- Nome completo, numero di pubblicazione e versione del manuale

Download

Dal sito dell'assistenza clienti è inoltre possibile scaricare quanto segue:

- Aggiornamenti del firmware per la termocamera
- Aggiornamenti del programma per il software del PC
- Manuale dell'utente
- Esempi di applicazioni
- Pubblicazioni tecniche

4 Aggiornamenti della documentazione

Info generali

I manuali FLIR vengono aggiornati più volte all'anno. Inoltre pubblichiamo regolarmente notifiche relative alle modifiche di prodotto.

Per accedere ai manuali e alle notifiche più recenti, passare alla scheda Download all'indirizzo:

http://support.flir.com

La registrazione online richiede solo pochi minuti. Nell'area Download sono inoltre disponibili le versioni più recenti dei manuali di tutti i prodotti FLIR attuali, storici e obsoleti.

5 Nota importante sul manuale

Info generali

FLIR Systems pubblica manuali generici relativi a diverse termocamere all'interno di una linea di modelli.

Nel presente manuale potrebbero pertanto essere presenti descrizioni e spiegazioni non applicabili a una termocamera particolare.

NOTA

FLIR Systems si riserva il diritto di interrompere la produzione di modelli, software, parti o accessori e di altri elementi o di cambiarne le specifiche e/o le funzioni in qualunque momento senza alcun preavviso.

6 Elenchi dei componenti

6.1 Tipo di fornitura

- Termocamera ad infrarossi con obiettivo
- Valigetta rigida da trasporto
- Batteria (2*)
- Caricabatteria*
- Cuffia* Bluetooth
- Certificato di calibrazione
- Scaricare brochure
- CD-ROM software FLIR Tools per PC
- Cinghia per il trasporto a mano
- Copriobiettivo
- Scheda di memoria
- Alimentatore, incluse spine multiple
- Guida introduttiva stampata
- Guida delle Informazioni importanti stampata
- Brochure su assistenza e formazione
- Cavo USB
- CD-ROM User Documentation
- Cavo video
- Scheda di estensione della garanzia o scheda di registrazione

* In funzione del modello di termocamera/della configurazione del cliente.

NOTA: FLIR Systems si riserva il diritto di interrompere la produzione di alcuni modelli, parti o accessori e di altri elementi o di cambiarne le specifiche in qualunque momento senza alcun preavviso.

6.2 Elenco di accessori e servizi

- 1196497 Kit adattatore accendisigari, 12 VCC, 1,2 m
- 1196960 Obiettivo a infrarossi f = 10 mm, 45° inclusa custodia
- 1196961 Obiettivo a infrarossi f = 30 mm, 15° inclusa custodia
- 1910423 Cavo USB standard A <-> mini B
- 1910582 Cavo video
- APP-10000 FLIR Viewer (applicazione iPhone/iPad)
- DSW-10000 FLIR IR Camera Player
- ITC-ADV-3011 Corso ITC avanzato sulle costruzioni: 1 partecipante
- ITC-ADV-3019 Corso ITC avanzato sulle costruzioni: gruppo di 10 partecipanti
- ITC-ADV-3021 Corso ITC avanzato sulla Termografia generale: 1 partecipante
- ITC-ADV-3029 Corso ITC avanzato sulla Termografia generale: gruppo di 10 partecipanti

- ITC-CER-5101 Corso ITC sulla Termografia Livello 1: 1 partecipante
- ITC-CER-5105 Corso ITC sulla Termografia Livello 1: studente in aggiunta alla classe, 1 partecipante
- ITC-CER-5109 Corso ITC sulla Termografia Livello 1: gruppo di 10 partecipanti
- ITC-CER-5201 Corso ITC sulla Termografia Livello 2: 1 partecipante
- ITC-CER-5205 Corso ITC sulla Termografia Livello 2: studente in aggiunta alla classe, 1 partecipante
- ITC-CER-5209 Corso ITC sulla Termografia Livello 2: gruppo di 10 partecipanti
- ITC-EXP-1001 Corso di formazione ITC di 1 giorno: 1 partecipante
- ITC-EXP-1009 Corso di formazione ITC di 1 giorno: gruppo di 10 partecipanti
- ITC-EXP-1011 Breve corso ITC di introduzione alla termografia: 1 partecipante (1 giorno)
- ITC-EXP-1019 Breve corso ITC di introduzione alla termografia: 10 partecipanti (1 giorno)
- ITC-EXP-1021 Corso di formazione ITC in sede: partecipazione aggiuntiva di 1 partecipante (al giorno)
- ITC-EXP-1029 Corso di formazione ITC in sede: gruppo di 10 partecipanti (al giorno)
- ITC-EXP-2001 Corso di formazione ITC di 2 giorni: 1 partecipante
- ITC-EXP-2009 Corso di formazione ITC di 2 giorni: gruppo di 10 partecipanti
- ITC-EXP-2011 Breve corso ITC sulla termografia edile: 1 partecipante (2 giorni)
- ITC-EXP-2019 Breve corso ITC sulla termografia edile: 10 partecipanti (2 giorni)
- ITC-EXP-2061 Breve corso ITC su impianti idraulici e HVAC: 1 partecipante (2 giorni)
- ITC-EXP-2069 Breve corso ITC su impianti idraulici e HVAC: gruppo di 10 partecipanti (2 giorni)
- ITC-EXP-3001 Corso di formazione ITC di 3 giorni: 1 partecipante
- ITC-EXP-3009 Corso di formazione ITC di 3 giorni: gruppo di 10 partecipanti
- ITC-SOW-0001 Corso ITC sul funzionamento del software: 1 partecipante (al giorno)
- ITC-SOW-0009 Corso ITC sul funzionamento del software: gruppo di 10 partecipanti (al giorno)
- T127100 Paraluce
- T197717 FLIR Reporter 8.5 SP3, Professional
- T197717L10 FLIR Reporter 8.5 SP3, Professional, 10 licenze
- T197717L5 FLIR Reporter 8.5 SP3, Professional, 5 licenze
- T197752 Batteria
- T197771 Cuffia Bluetooth
- T197778 FLIR BuildIR 2.1
- T197778L10 FLIR BuildIR 2.1, 10 licenze
- T197778L5 FLIR BuildIR 2.1, 5 licenze
- T197926 Adattatore per treppiede
- T197935 Valigetta rigida per la Serie Exx
- T197965 FLIR Tools

- T198125 Caricabatteria con alimentazione dotata di prese multiple Serie Exx
- T199837 Estensione garanzia di un anno per la Serie Exx
- T199839 General Maintenance per la serie Exx
- T910737 Scheda di memoria microSD con adattatori
- T910814 Alimentatore, incluse prese multiple
- TT910972 EX845: pinza amperometrica + termometro ad infrarossi, 1000A TRMS CA/CC
- T910973 MO297: igrometro, senza puntali con memoria

NOTA: FLIR Systems si riserva il diritto di interrompere la produzione di alcuni modelli, parti o accessori e di altri elementi o di cambiarne le specifiche in qualunque momento senza alcun preavviso.

7 Guida introduttiva

Procedura

Eseguire le seguenti operazioni iniziali:

1	Inserire la batteria nel relativo alloggiamento.
2	Prima di accendere la termocamera per la prima volta, caricare la batteria per quattro ore o finché il LED di stato della batteria non rimane acceso fisso sul verde.
3	Inserire una scheda di memoria nell'apposito slot.
4	Per accendere la termocamera, premere il pulsante ⏻.
5	Puntare la termocamera verso il soggetto desiderato.
6	Mettere a fuoco la termocamera ruotando la ghiera di messa a fuoco.
7	Premere completamente il pulsante di trigger per salvare direttamente un'immagine.
8	Per spostare l'immagine in un computer, eseguire una delle operazioni seguenti: ▪ Rimuovere la scheda di memoria e inserirla in un lettore di schede collegato a un computer. ▪ Collegare un computer alla termocamera mediante il cavo USB mini-B.
9	Trascinare l'immagine dalla scheda o dalla termocamera per spostarla.

NOTA

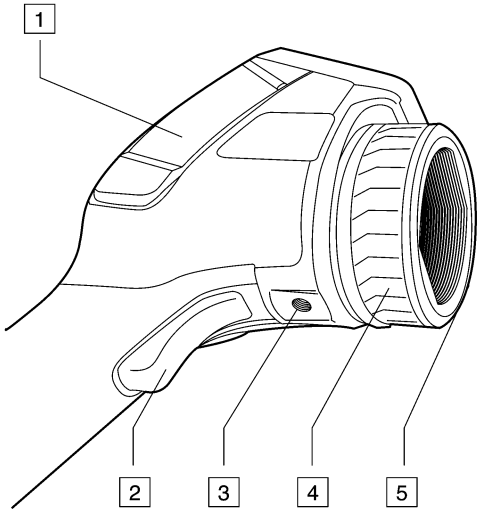
È anche possibile spostare le immagini sul computer tramite FLIR Tools, in dotazione con la termocamera, che permette di analizzare le immagini e creare report PDF.

8 Componenti della termocamera

8.1 Vista da destra

Figura

T638786;a1



Descrizione

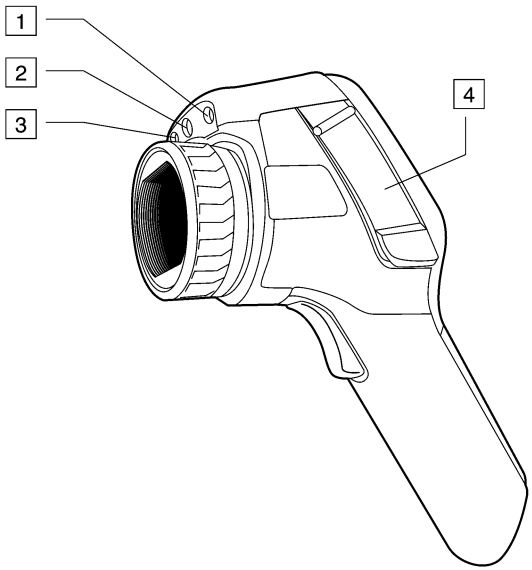
In questa tabella viene fornita una spiegazione della figura sopra riportata:

1	Coperchio per il vano connettori di destra: ▪ USB-A. ▪ USB mini-B. ▪ Alimentazione. **Nota:** esistono due modelli di coperchi, uno in plastica rigida e l'altro in gomma morbida. Questa immagine, assieme alle successive presenti nel manuale, mostra il modello realizzato in plastica rigida.
2	Pulsante di trigger per visualizzare in anteprima/salvare le immagini.
3	Punto di fissaggio del treppiede: richiede un adattatore (accessorio extra).
4	Ghiera di messa a fuoco.
5	Obiettivo a infrarossi.

8.2 Vista da sinistra

Figura

T638790;a1



Descrizione

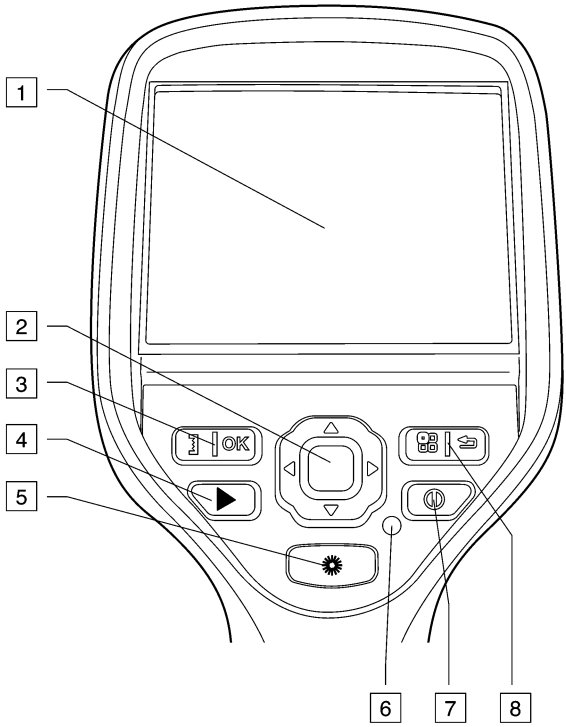
In questa tabella viene fornita una spiegazione della figura sopra riportata:

1	Puntatore laser.
2	Illuminatore per videocamera digitale.
3	Videocamera digitale.
4	Protezione per connettori e supporti di memorizzazione: ▪ Scheda memoria. ▪ Uscita video.

8.3 Schermo LCD e tastierina

Figura

T638787;a2



Descrizione

In questa tabella viene fornita una spiegazione della figura sopra riportata:

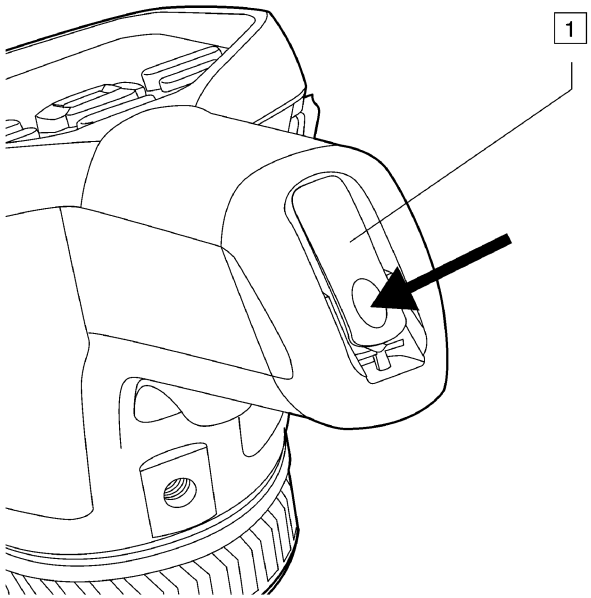
1	Schermo LCD touch screen.
2	Pulsante di navigazione.
3	▪ Pulsante per la conferma della scelta. ▪ Pulsante per passare dalla modalità di regolazione automatica a quella manuale e viceversa.
4	Pulsante di archiviazione immagine.
5	Pulsante per attivare il puntatore laser.
6	Indicatore di alimentazione.
7	Pulsante di accensione/spegnimento.

8	▪ Pulsante per visualizzare il sistema di menu. ▪ Pulsante Indietro.

8.4 Vista dalla parte inferiore

Figura

T638785;a3



Descrizione

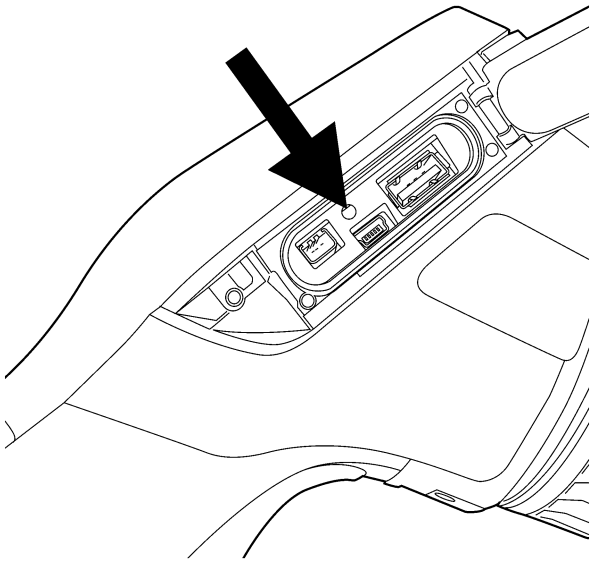
In questa tabella viene fornita una spiegazione della figura sopra riportata:

1	Leva di apertura del coperchio del vano batteria. Premere per aprire.

8.5 Indicatore LED dello stato della batteria

Figura

T638791;a1



Descrizione

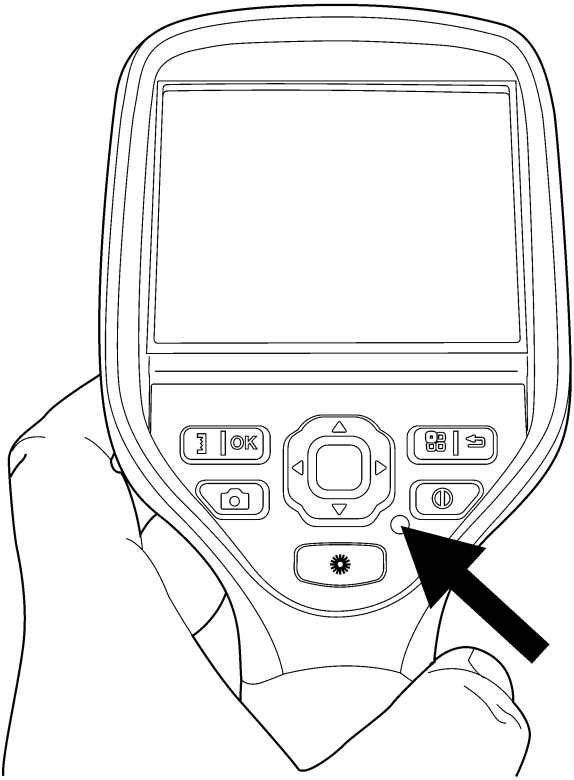
In questa tabella viene illustrato l'indicatore LED dello stato della batteria:

Tipo di segnale	Descrizione
Il LED verde lampeggia due volte al secondo.	La batteria è in carica.
Il LED verde è accesso e fisso.	La batteria è completamente carica.

8.6 Indicatore LED di alimentazione

Figura

T638781;a1



Descrizione

In questa tabella viene illustrato l'indicatore LED dell'alimentazione:

Tipo di segnale	Descrizione
Il LED è spento.	La termocamera è spenta.
Il LED è blu.	La termocamera è accesa.

8.7 Puntatore laser

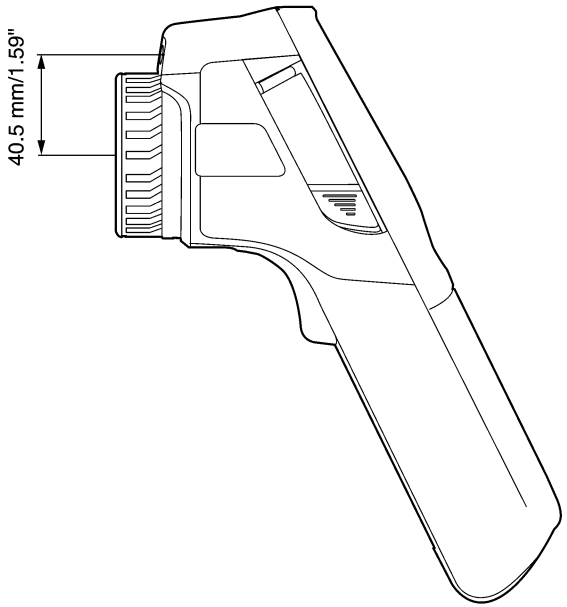
Info generali

La termocamera è dotata di un puntatore laser. Quando è acceso, è possibile vedere un punto laser al di sopra del soggetto.

Figura

In questa figura viene mostrata la differenza di posizione tra il puntatore laser e il centro ottico dell'obiettivo a infrarossi:

T638771;a1



AVVERTENZA

Non fissare il raggio laser. Può irritare gli occhi.

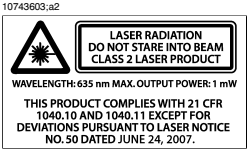
NOTA

- Quando il puntatore laser è acceso, sul display viene visualizzato il simbolo .
- Il puntatore laser potrebbe non essere abilitato in tutti i paesi.

Etichetta di avvertenza laser

Sulla termocamera è applicata un'etichetta di avvertenza laser contenente le informazioni seguenti:

10743603;a2

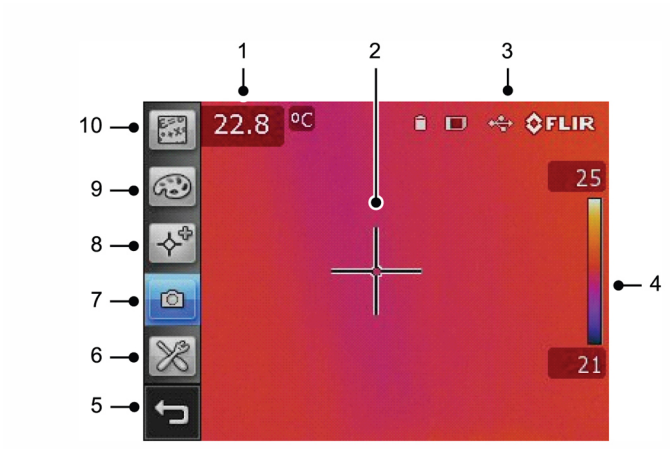

LASER RADIATION
DO NOT STARE INTO BEAM
CLASS 2 LASER PRODUCT
WAVELENGTH: 635 nm MAX. OUTPUT POWER: 1 mW
THIS PRODUCT COMPLIES WITH 21 CFR 1040.10 AND 1040.11 EXCEPT FOR DEVIATIONS PURSUANT TO LASER NOTICE NO. 50 DATED JUNE 24, 2007.

Regole e normative relative al laser	Lunghezza d'onda: 635 nm. Massima potenza di emissione: 1 mW. Questo prodotto è conforme a 21 CFR 1040.10 e 1040.11, ad eccezione delle varianti secondo l'informativa laser n. 50 del 24 giugno 2007.

9 Elementi del display

Figura

T638713;a4



Descrizione

In questa tabella viene fornita una spiegazione della figura sopra riportata:

1	Tabella dei risultati di misurazione.
2	Strumenti di misurazione (ad esempio, puntatore).
3	Icone di stato e di modalità.
4	Scala temperatura.
5	Pulsante Indietro.
6	Modalità di installazione (termocamera, video, impostazioni)
7	Modalità (termocamera a infrarossi, videocamera digitale, fusione termica, Picture in Picture (PiP)).
8	Strumenti di misurazione.
9	Tavolozza di colori.
10	Parametri di misurazione.

Figura

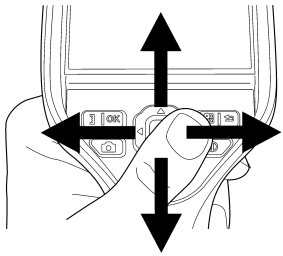
Toccare lo schermo per visualizzare il sistema di menu.

10 Spostamento nel sistema di menu

Figura

T638777;a1

T638780;a1



Descrizione

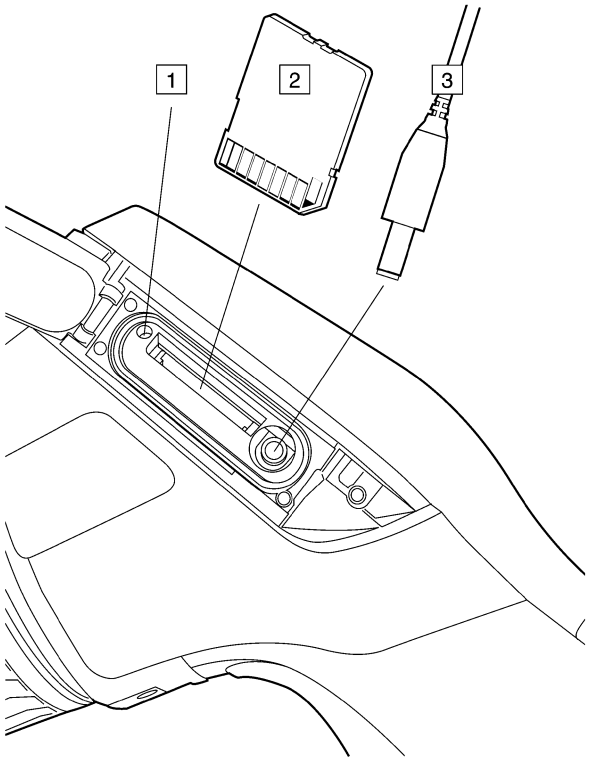
Nella figura precedente vengono illustrati i due modi in cui spostarsi nel sistema di menu della termocamera:

- Utilizzando il dito indice per spostarsi nel sistema di menu (sinistra).
- Utilizzando il pulsante di navigazione per spostarsi nel sistema di menu (destra).

11 Connessione di dispositivi esterni e supporti di memorizzazione

Figura

T638789;a4



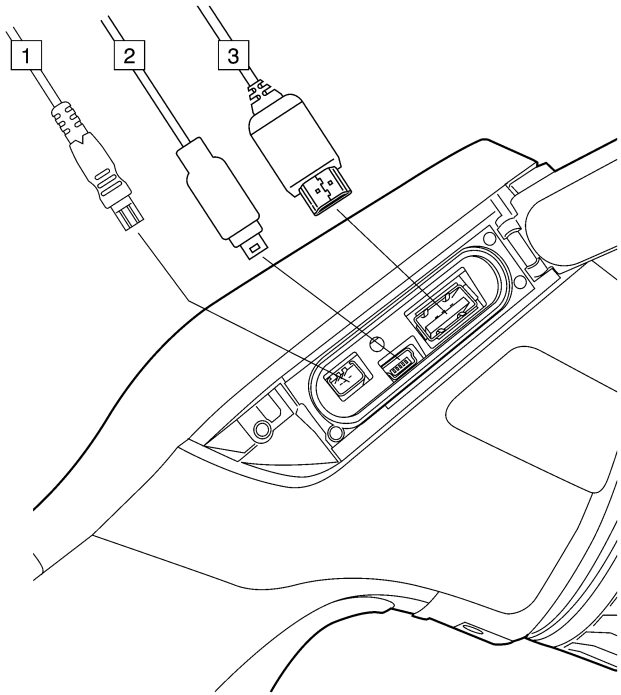
Descrizione

In questa tabella viene fornita una spiegazione della figura sopra riportata:

1	L'indicatore mostra che la scheda di memoria è in uso. **Nota**: non rimuovere la scheda di memoria quando questo indicatore è acceso.
2	Scheda di memoria (Scheda SD)
3	Cavo video.

Figura

T638788;a1



Descrizione

In questa tabella viene fornita una spiegazione della figura sopra riportata:

1	Cavo di alimentazione.
2	Cavo USB mini-B (per il collegamento della termocamera a un PC).
3	Cavo USB-A (per collegare una termocamera a un dispositivo esterno, ad esempio uno stick di memoria USB).

12 Accoppiamento di dispositivi Bluetooth

Info generali

Per poter utilizzare un dispositivo Bluetooth con la termocamera, è necessario accoppiare i dispositivi.

Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1	Passare a (**Modalità**), quindi scegliere **Impostazioni**.
2	Passare alla scheda **Connettività**.
3	Attivare il **Bluetooth**. **Nota**: è anche necessario attivare la connettività Bluetooth sul dispositivo esterno.
4	Selezionare **Aggiungi dispositivo Bluetooth**.
5	Selezionare **Individua dispositivi Bluetooth**, quindi attendere che venga visualizzato un elenco di dispositivi disponibili. Questa operazione richiede una quindicina di secondi circa.
6	Quando viene rilevato un dispositivo Bluetooth, selezionare il dispositivo da aggiungere. Il dispositivo è ora pronto per essere utilizzato.

NOTA

- È possibile aggiungere diversi dispositivi.
- Per rimuovere un dispositivo aggiunto, selezionarlo e utilizzare l'opzione **Rimuovi**.
- Dopo aver aggiunto un dispositivo MeterLink, ad esempio Extech MO297 o EX845, il risultato del misuratore sarà visualizzato nella tabella dei risultati di misurazione.
- Dopo aver aggiunto cuffie Bluetooth compatibili, sarà possibile utilizzarle nella modalità anteprima della termocamera.
- In modalità anteprima, è anche possibile aggiungere valori istantanei dinamici da dispositivi MeterLink.

13 Configurazione Wi-Fi

Info generali

A seconda della configurazione della termocamera, è possibile collegare la termocamera a una rete WLAN tramite Wi-Fi o lasciare che sia la termocamera a fornire un accesso Wi-Fi ad un altro dispositivo.

La termocamera può essere connessa in due modi diversi:

- *Utilizzo più diffuso*: impostazione di una connessione peer-to-peer (anche detta connessione *ad hoc* or *P2P*). Questo metodo viene utilizzato principalmente con altri dispositivi, ad esempio iPhone o iPad.
- *Utilizzo meno diffuso*: connessione della termocamera a una rete WLAN.

Impostazione di una connessione peer-to-peer (*uso più diffuso*)

Attenersi alla procedura seguente:

1	Passare a (**Modalità**), quindi scegliere **Impostazioni**.
2	Passare alla scheda **Connettività**.
3	In **Wi-Fi**, selezionare **Connetti dispositivo**.
4	Selezionare **Impostazioni Wi-Fi**.
5	Inserire valori per i seguenti parametri: ■ **SSID** (il nome della rete). ■ **Canale** (il canale utilizzato dall'altro dispositivo per la trasmissione dei dati) ■ **Crittografia** (l'algoritmo di crittografia, ad esempio Nessuno o WEP). ■ **Chiave** (la chiave di accesso alla rete). ■ **Indirizzo** (l'indirizzo IP per la rete). ■ **Gateway** (l'indirizzo IP del gateway per la rete). **Nota**: questi parametri vengono impostati per la rete della termocamera in uso e saranno utilizzati dal dispositivo esterno per connettere quel dispositivo alla rete.
6	Premere per confermare la scelta.

Connessione della termocamera a una rete WLAN (*uso meno diffuso*)

Attenersi alla procedura seguente:

1	Passare a (**Modalità**), quindi scegliere **Impostazioni**.
2	Passare alla scheda **Connettività**.
3	In **Wi-Fi**, selezionare **Connetti alla rete WLAN**.
4	Selezionare **Impostazioni Wi-Fi**.

5	Selezionare una delle reti disponibili. Le reti protette da password vengono contrassegnate da un'icona a forma di lucchetto. Per accedervi, è necessario inserire una chiave di accesso.
6	Premere OK per confermare la scelta.

NOTA

Alcune reti non sono visibili. Per connettersi a queste reti, selezionare **Aggiungi manualmente** e impostare manualmente tutti i parametri necessari.

14 Gestione della termocamera

14.1 Accensione della termocamera

Procedura

Per accendere la termocamera, premere e rilasciare il pulsante ⏻.

14.2 Spegnimento della termocamera

Procedura

Per spegnere la termocamera, tenere premuto il pulsante ⏻ per più di 0,2 secondi.

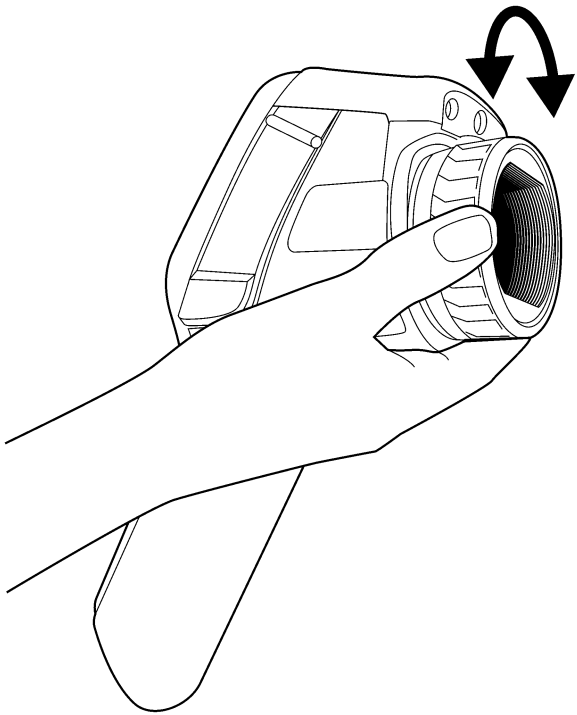
14.3 Regolazione manuale della messa a fuoco della termocamera

NOTA

- Non toccare la superficie dell'obiettivo a infrarossi durante la messa a fuoco manuale. In caso contrario, pulire l'obiettivo in base alle istruzioni incluse nella sezione 23.2 – Obiettivo a infrarossi a pagina 66.

Figura

T638779;a1



Procedura

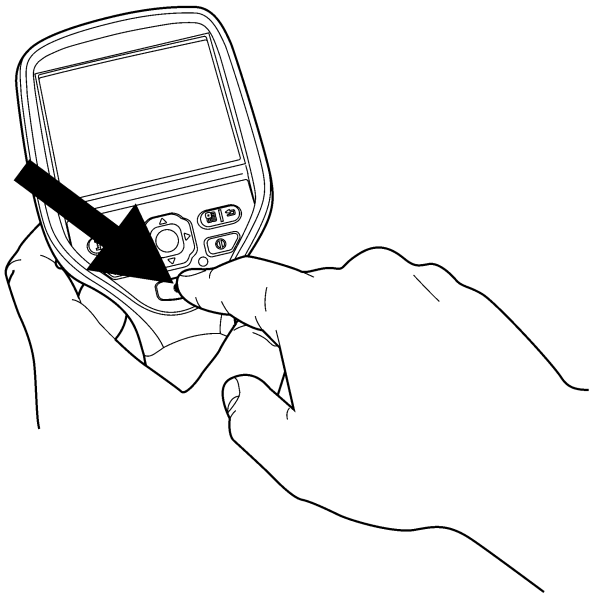
Effettuare una delle operazioni seguenti:

- Per la messa a fuoco su soggetti lontani, ruotare l'apposita ghiera in senso orario (se si guarda lo schermo LCD touch screen).
- Per la messa a fuoco su soggetti vicini, ruotare l'apposita ghiera in senso antiorario (se si guarda lo schermo LCD touch screen).

14.4 Attivazione del puntatore laser

Figura

T638778;a1



Procedura

Per attivare il puntatore laser, attenersi alla procedura seguente:

1	Per attivare il puntatore laser, tenere premuto il pulsante del laser.
2	Per disattivare il puntatore laser, rilasciare il pulsante del laser.

NOTA

- Quando il puntatore laser è attivo, sullo schermo viene visualizzato un indicatore di avviso.
- La posizione del punto laser viene indicata sull'immagine a infrarossi (in funzione del modello di termocamera).

15 Operazioni con le immagini

15.1 Salvataggio di un'immagine

Info generali

È possibile salvare direttamente un'immagine senza visualizzare un'anteprima.

Capacità di memorizzazione delle immagini

Nella tabella seguente vengono fornite informazioni sul numero *approssimativo* di immagini infrarossi (IR) o videocamera digitale (DC) che è possibile salvare nelle schede di memoria:

Dimensione scheda	**Solo IR**	**IR + DC**	**IR + DC + commento sonoro di 30 secondi**
1 GB	5500	850	600
2 GB	11 000	1700	1200

Convenzione di denominazione

La convenzione di denominazione delle immagini è **IR_xxxx.jpg**, dove **xxxx** è un contatore univoco.

Procedura

Per salvare direttamente un'immagine, premere e rilasciare il trigger.

NOTA

La funzione del trigger può essere modificata in (**Modalità**) > **Impostazioni** > **Preferenze**. La funzione può essere impostata su:

- Anteprima/Salva (lieve pressione = Anteprima; pressione prolungata = Salva).
- Salvataggio diretto (impostazione predefinita)
- Sempre anteprima

15.2 Anteprima di un'immagine

Info generali

È possibile visualizzare l'anteprima di un'immagine termica (a infrarossi, a fusione termica, Picture in Picture (PiP)) o di una foto digitale, prima di salvarle in una scheda di memoria. Questa procedura consente di verificare prima del salvataggio se l'immagine o la foto contengono le informazioni desiderate.

In modalità anteprima è anche possibile manipolare l'immagine prima di salvarla nonché aggiungere commenti per semplificare la creazione del report.

Procedura

Premere brevemente e rilasciare il trigger, per visualizzare l'anteprima di un'immagine. (Si tratta di un'impostazione non predefinita all'interno della termocamera e pertanto prevede la modifica del comportamento del pulsante. Per le istruzioni, vedere qui di seguito).

NOTA

La funzione del trigger può essere modificata in (**Modalità**) > **Impostazioni** > **Preferenze**. La funzione può essere impostata su:

- Anteprima/Salva (lieve pressione = Anteprima; pressione prolungata = Salva).
- Salvataggio diretto (impostazione predefinita)
- Sempre anteprima

15.3 Apertura di un'immagine

Info generali

Quando si salva un'immagine, questa viene memorizzata nella scheda di memoria. Per visualizzare nuovamente l'immagine, aprirla dalla scheda di memoria.

Procedura

Per aprire un'immagine, attenersi alla procedura seguente:

1	Premere .
2	Per selezionare l'immagine da visualizzare, premere il pulsante di navigazione in alto o in basso oppure a sinistra o a destra.
3	Premere . In tal modo verrà visualizzata l'immagine a piena dimensione.
4	Effettuare una delle seguenti operazioni: ▪ Per modificare l'immagine aperta, premere il pulsante che consente di visualizzare un menu. ▪ Spostarsi a sinistra/destra per visualizzare l'immagine precedente/successiva. ▪ Premere per ritornare all'anteprima delle immagini.

15.4 Regolazione di un'immagine termica

Info generali

È possibile regolare un'immagine termica *automaticamente* o *manualmente*. Utilizzare il pulsante OK per passare da una modalità all'altra. Questa operazione può essere eseguita solo in modalità dinamica, non in modalità anteprima o archivio.

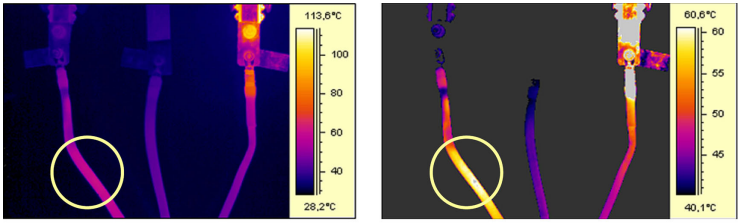
Esempio 1

In questa figura vengono mostrate due immagini termiche dei punti di connessione del cavo. Nell'immagine di sinistra è difficile fare un'analisi corretta del cavo sinistro se si utilizza solo la regolazione automatica. È invece possibile analizzare il cavo sinistro più in dettaglio se

- si cambia il livello di scala della temperatura
- si cambia il campo di scala della temperatura.

L'immagine a sinistra è stata regolata automaticamente. Nell'immagine a destra i livelli di temperatura massimo e minimo sono stati impostati su livelli termici in prossimità dell'oggetto. Nella scala della temperatura a destra di ogni immagine è possibile vedere come sono stati cambiati i livelli della temperatura.

10577503;a2



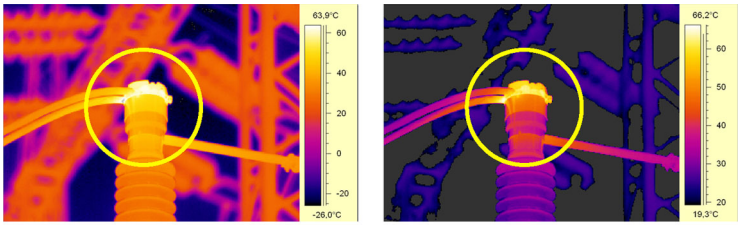
A (automatic) M (manual)

Esempio 2

In questa figura vengono mostrate due immagini termiche di un isolatore in una linea elettrica.

Nell'immagine a sinistra il cielo freddo e la struttura della linea elettrica sono stati registrati alla temperatura minima di –26°C (–14,8°F). Nell'immagine a destra i livelli di temperatura massimo e minimo sono stati impostati su livelli di temperatura in prossimità dell'isolatore. Ciò semplifica l'analisi delle variazioni termiche in prossimità della temperatura dell'isolatore.

10742503;a3



A (automatic) M (manual)

Modifica del livello di scala della temperatura

Per modificare il livello di scala della temperatura, attenersi alla procedura seguente:

1	Premere OK.
2	Utilizzare il pulsante di navigazione per selezionare (**Manuale**).
3	Per modificare il livello di scala, premere il pulsante di navigazione in alto o in basso.
4	(Passaggio opzionale). Effettuare una delle seguenti operazioni: ▪ Premere il joystick per eseguire una regolazione automatica istantanea. ▪ Premere OK di nuovo e selezionare **Auto** per ritornare alla modalità automatica.

Modifica del campo di scala della temperatura

Per modificare il campo di scala della temperatura, attenersi alla procedura seguente:

1	Premere OK.
2	Utilizzare il pulsante di navigazione per selezionare (**Manuale**).
3	Per modificare il campo di scala, premere il pulsante di navigazione a sinistra o a destra.

15.5 Modifica della tavolozza

Info generali

È possibile modificare la tavolozza dei colori utilizzata dalla termocamera per visualizzare le differenti temperature. Con una tavolozza diversa è possibile rendere più semplice l'analisi di un'immagine.

Procedura

Per modificare la tavolozza, attenersi alla procedura seguente:

1	Premere per visualizzare il sistema di menu.
2	Utilizzare il pulsante di navigazione per andare a .
3	Premere il pulsante per visualizzare un sottomenu.
4	Utilizzare il pulsante di navigazione per selezionare una tavolozza diversa.
5	Premere .

15.6 Eliminazione di un'immagine

Info generali

È possibile eliminare una o più immagini.

Procedura

Per eliminare un'immagine, attenersi alla procedura seguente:

1	Premere .
2	Per selezionare l'immagine che si desidera eliminare, premere il pulsante di navigazione in alto o in basso oppure a sinistra o a destra.
3	Per visualizzare l'immagine, premere .
4	Per visualizzare un menu, premere il pulsante .
5	Nel menu, selezionare **Elimina** e confermare la scelta.

NOTA

Tutte le immagini dello stesso gruppo saranno cancellate contemporaneamente, ad esempio le foto digitali.

15.7 Eliminazione di tutte le immagini

Info generali

È possibile eliminare tutte le immagini.

Procedura

Per eliminare un'immagine, attenersi alla procedura seguente:

1	Premere .
2	Per selezionare un'immagine, premere il pulsante di navigazione in alto o in basso oppure a sinistra o a destra.
3	Per visualizzare l'immagine, premere .
4	Per visualizzare un menu, premere il pulsante .
5	Nel menu, selezionare **Elimina tutte** e confermare la scelta.

15.8 Creazione di un report PDF nella termocamera

Info generali

Nella termocamera è possibile creare un report PDF, trasferirlo successivamente su un computer, iPhone o iPad utilizzando l'applicazione FLIR Viewer e inviarlo infine a un cliente.

Procedura

Attenersi alla procedura seguente per creare un report PDF:

1	Premere .
2	Per selezionare un'immagine, premere il pulsante di navigazione in alto o in basso oppure a sinistra o a destra.
3	Per visualizzare l'immagine, premere .
4	Per visualizzare un menu, premere il pulsante .
5	Dal menu, selezionare **Crea pagina report**. In questo modo viene visualizzato un menu in cui è possibile modificare i seguenti elementi: ▪ Intestazione. ▪ Piè di pagina. ▪ Logo. (Il logo dovrebbe avere la posizione /report/logo/ sulla scheda di memoria, il formato del file in *.jpg, l'ampiezza massima di 134 pixel per il formato A4 e di 139 pixel per il formato americano "lettera").
6	Dal menu, selezionare **Crea pagina report**.

16 Utilizzo delle modalità immagine a fusione termica e Picture in Picture (PiP)

Che cos'è la funzione Picture in Picture?

La funzione Picture in Picture è simile alla fusione termica poiché consente di visualizzare parte di una foto digitale come immagine ad infrarossi.

Tuttavia, la funzione Picture in Picture consente di visualizzare un riquadro del fotogramma di un'immagine ad infrarossi sopra una foto digitale.

Che cos'è la fusione termica?

La fusione termica è una funzione che consente di visualizzare parte di una foto digitale come immagine ad infrarossi.

Ad esempio, è possibile configurare la termocamera in modo da visualizzare come immagini ad infrarossi tutte le aree di un'immagine che hanno una determinata temperatura e tutte le altre aree come una foto digitale.

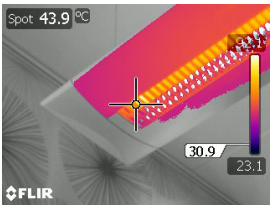
Tipi

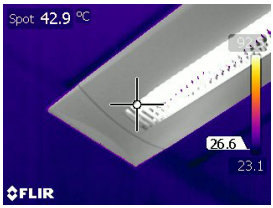
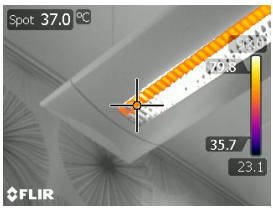
In base al modello di termocamera, sono disponibili quattro diversi tipi, ossia:

- **Sopra il riferimento**: tutte le aree nella foto digitale con una temperatura superiore al livello specificato vengono visualizzate come immagini termiche.
- **Sotto il riferimento**: tutte le aree nella foto digitale con una temperatura inferiore al livello specificato vengono visualizzate come immagini termiche.
- **Intervallo**: tutte le aree nella foto digitale con una temperatura entro due livelli specificati vengono visualizzate come immagini termiche.
- **Picture In Picture (PiP)**: il fotogramma di un'immagine termica viene visualizzato sopra la foto digitale.

Esempi di immagini

In questa tabella viene fornita una descrizione dei quattro diversi tipi:

Tipo di fusione	Immagine
Sopra il riferimento	

Tipo di fusione	Immagine
Sotto il riferimento	
Intervallo	
Picture In Picture (PiP)	

Procedura di impostazione della funzione Picture in Picture

Attenersi alla procedura seguente:

1	Premere per visualizzare il sistema di menu.
2	Nel sistema di menu, selezionare . Verrà visualizzato un sottomenu.
3	Nel sottomenu, selezionare **Picture In Picture (PiP)**. con questa procedura viene visualizzato il riquadro di un'immagine termica sopra una foto digitale. A questo punto è possibile spostare e ridimensionare il riquadro dell'immagine tramite lo schermo LCD touch screen.

Procedura d'impostazione della fusione termica

Attenersi alla procedura seguente:

1	Premere per visualizzare il sistema di menu.
2	Nel sistema di menu, selezionare . Verrà visualizzato un sottomenu.
3	Nel sottomenu, selezionare **Fusione termica**.
4	Premere .
5	Per modificare una parte dell'immagine ad infrarossi, eseguire una delle seguenti procedure: ▪ Premere il joystick verso sinistra/destra per selezionare , quindi premere il joystick su/giù per modificare il livello della temperatura inferiore. ▪ Premere il joystick verso sinistra/destra per selezionare , quindi premere il joystick su/giù per modificare il livello della temperatura superiore. ▪ Premere il joystick verso sinistra/destra per selezionare , quindi muovere il joystick su/giù per modificare contemporaneamente il livello della temperatura superiore e inferiore e verso destra/sinistra per modificare l'intervallo di temperatura.

NOTA

L'utilizzo della fusione termica in *modalità manuale* viene descritto in precedenza.

Quando si utilizza la fusione termica in *modalità manuale*, i suoi livelli di temperatura si baseranno sui quelli all'interno del *riquadro di puntamento* visualizzato al centro dell'immagine.

17 Utilizzo degli strumenti di misurazione

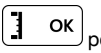
17.1 Aggiunta di strumenti di misurazione: puntatori, aree e così via.

Info generali

Per misurare una temperatura, si utilizzano uno o più strumenti di misurazione, ad esempio un puntatore o un riquadro.

Procedura

Per aggiungere uno strumento di misurazione, attenersi alla procedura seguente:

1	Premere o toccare lo schermo per visualizzare il sistema di menu.
2	Utilizzare il pulsante di navigazione per andare a .
3	Premere il pulsante  per visualizzare un sottomenu.
4	Utilizzare il pulsante di navigazione per visualizzare uno strumento di misurazione.
5	Premere . Nello schermo, verrà visualizzato lo strumento di misurazione.

17.2 Aggiunta di uno strumento di misurazione: isoterme

Info generali

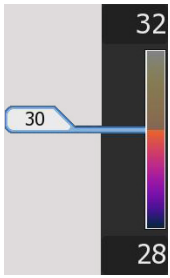
Il comando per l'isoterma consente di applicare un colore di contrasto a tutti i pixel con una temperatura superiore, inferiore o compresa in uno o più livelli di temperatura impostati.

L'utilizzo di isoterme rappresenta un buon metodo per rilevare facilmente anomalie in un'immagine ad infrarossi.

Procedura

Per aggiungere un'isoterma, attenersi alla procedura seguente:

1	Premere o toccare lo schermo per visualizzare il sistema di menu.
2	Utilizzare il pulsante di navigazione per andare a .
3	Premere il pulsante per visualizzare un sottomenu.
4	Utilizzare il pulsante di navigazione per andare a .
5	Premere . In tal modo, verrà visualizzato un sottomenu.

6	Nel sottomenu, selezionare una delle seguenti opzioni: ▪ **Sopra il riferimento**. In tal modo, viene applicato un colore di contrasto a tutti i pixel con una temperatura superiore a uno o più livelli di temperatura impostati. ▪ **Sotto il riferimento**. In tal modo, viene applicato un colore di contrasto a tutti i pixel con una temperatura inferiore a uno o più livelli di temperatura impostati. ▪ **Intervallo**. In tal modo, viene applicato un colore di contrasto a tutti i pixel con una temperatura tra due o più livelli di temperatura impostati. ▪ **Umidità**. In tal modo, viene applicato un colore di contrasto a tutti i pixel con una temperatura inferiore a una soglia calcolata in base ai parametri di umidità. ▪ **Isolamento**. In tal modo, viene applicato un colore di contrasto a tutti i pixel con una temperatura inferiore a una soglia calcolata in base ai parametri di isolamento. In tal modo, viene visualizzato un indicatore nella scala della temperatura. Per modificare il livello di temperatura, trascinare l'indicatore verso l'alto o verso il basso. Vedere la figura seguente. T639069;a1 

17.3 Spostamento o ridimensionamento di uno strumento di misurazione

Info generali

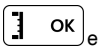
Uno strumento di misurazione può essere spostato e ridimensionato.

NOTA

- In questa procedura si presume che in precedenza sia stato aggiunto uno strumento di misurazione sullo schermo.
- Permette anche di spostare e ridimensionare lo strumento di misurazione utilizzando il proprio dito direttamente sullo schermo LCD touch screen.

Procedura

Per spostare o ridimensionare uno strumento di misurazione, attenersi alla procedura seguente:

1	Premere o toccare lo schermo per visualizzare il sistema di menu.
2	Utilizzare il pulsante di navigazione per andare a (**Strumenti**).
3	Premere il pulsante per visualizzare un sottomenu.
4	Utilizzare il pulsante di navigazione per andare a (**Regola strumenti**).
5	Premere  e selezionare lo strumento di misurazione che si desidera spostare o ridimensionare.
6	Utilizzare il pulsante di navigazione per spostare o ridimensionare lo strumento di misurazione.

17.4 Creazione ed impostazione di un calcolo della differenza

Info generali

Il calcolo della differenza restituisce la differenza tra i valori di due risultati di misurazione noti.

NOTA

In questa procedura si presume che in precedenza siano stati aggiunti almeno due strumenti di misurazione sullo schermo.

Procedura

Attenersi alla procedura seguente per creare e impostare un calcolo della differenza:

1	Premere o toccare lo schermo per visualizzare il sistema di menu.
2	Utilizzare il pulsante di navigazione per andare a (**Strumenti**).
3	Premere il pulsante per visualizzare un sottomenu.
4	Utilizzare il pulsante di navigazione per selezionare (**Aggiungi differenza**).
5	Premere . In tal modo, verrà visualizzata una finestra di dialogo in cui è possibile selezionare gli strumenti di misurazione da utilizzare per il calcolo della differenza.
6	Premere . Il risultato del calcolo della differenza viene ora visualizzato nella tabella dei risultati.

17.5 Modifica dei parametri oggetto

Info generali

Per effettuare misurazioni precise, è necessario impostare i parametri oggetto.

Tipi di parametri

La termocamera può utilizzare i parametri oggetto seguenti:

- **Emissività**, ovvero il livello di radiazione emessa da un oggetto a confronto con il livello di radiazione di un oggetto di riferimento teorico che ha la stessa temperatura (denominato “corpo nero”). L'opposto di emissività è riflettività. L'emissività determina la quantità di radiazione generata da un oggetto rispetto a quella da esso riflessa.
- **Temperatura riflessa**, viene usata per compensare le radiazioni provenienti dall'area circostante che vengono riflesse dall'oggetto nella termocamera. Questa proprietà degli oggetti è chiamata riflettività.
- **Distanza oggetto**, ovvero la distanza tra la termocamera e l'oggetto in questione.
- **Temperatura atmosferica**, ovvero la temperatura dell'aria tra la termocamera e l'oggetto in questione.
- **Umidità relativa**, ovvero l'umidità relativa dell'aria tra la termocamera e l'oggetto in questione.
- **Compensazione finestra IR esterna**, ovvero la temperatura delle eventuali finestre protettive poste tra la termocamera e l'oggetto. Se non è presente alcuna protezione, il valore è irrilevante e non deve essere attivo.

Valori consigliati

Se non si è certi dei valori da utilizzare, sono consigliati i valori seguenti:

Distanza oggetto	1,0 m
Emissività	0,95
Temperatura apparente riflessa	+20°C
Temperatura atmosferica	+20°C
Umidità relativa	50%

Procedura

Attenersi alla procedura seguente per modificare i parametri oggetto:

1	Premere o toccare lo schermo per visualizzare il sistema di menu.
2	Utilizzare il pulsante di navigazione per andare a .
3	Premere per visualizzare una finestra di dialogo.
4	Utilizzare il pulsante di navigazione per selezionare e modificare un parametro oggetto.
5	Premere . In tal modo, verrà chiusa la finestra di dialogo.

NOTA

I due parametri più importanti per l'impostazione corretta della termocamera tra quelli descritti sopra, sono l'*emissività* e la *temperatura apparente riflessa*.

Argomenti correlati

Per informazioni dettagliate sui parametri e l'impostazione corretta dell'emissività e della temperatura apparente riflessa, vedere la sezione 29 – Tecniche di misurazione termografica a pagina 97.

18 Acquisizione di dati da misuratori Extech esterni

Info generali

È possibile acquisire i dati da un misuratore Extech esterno e incorporarli nella tabella dei risultati nell'immagine termica.

Figura

T638370;a1

Misuratori Extech supportati

- Extech Moisture Meter MO297
- Extech Clamp Meter EX845

Supporto tecnico per misuratori Extech

support@extech.com

Questo indirizzo è valido solo per i misuratori Extech. Per il supporto tecnico relativo alle termocamere ad infrarossi, utilizzare l'indirizzo http://support.flir.com.

NOTA

- Per eseguire questa procedura, è necessario che i dispositivi Bluetooth siano già stati accoppiati e che la funzionalità del pulsante Salva sia impostata su Anteprima/Salvataggio.
- Per ulteriori informazioni sui prodotti Extech Instruments, visitare il sito http://www.extech.com/instruments/.

Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1	Accendere la termocamera.

2	Attivare il misuratore Extech.
3	Nel misuratore, attivare la modalità Bluetooth. Per informazioni su come procedere, fare riferimento alla documentazione utente relativa al misuratore.
4	Sul misuratore, scegliere il tipo di grandezza che si desidera utilizzare (tensione, corrente, resistenza, ecc.). Per informazioni su come procedere, fare riferimento alla documentazione utente relativa al misuratore. I risultati dal misuratore verranno automaticamente visualizzati nella tabella dei risultati nell'angolo in alto a sinistra dello schermo della termocamera.
5	Effettuare una delle seguenti operazioni: ▪ Per visualizzare l'anteprima di un'immagine, premere il pulsante anteprima/salvataggio. A questo punto, è possibile aggiungere altri valori. A tale fine, prendere una nuova misurazione con il misuratore e selezionare **Aggiungi** sullo schermo della termocamera. ▪ Premere e tenere premuto il pulsante di anteprima/salvataggio per salvare un'immagine senza visualizzarla in anteprima. ▪ (In funzione del modello di termocamera) Per aggiungere un valore a un'immagine richiamata, attivare il misuratore dopo aver richiamato un'immagine, quindi selezionare **Aggiungi** sulla schermo della termocamera ad infrarossi. Possono essere aggiunti fino a 8 valori ed è possibile che alcuni di essi vengano suddivisi su due righe.

18.1 Tipica procedura di misurazione dell'umidità e documentazione

Info generali

La procedura descritta di seguito può essere utilizzata come punto di partenza per altre procedure con misuratori Extech e termocamere ad infrarossi.

Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1	Utilizzare la termocamera ad infrarossi per identificare qualsiasi potenziale area umida dietro pareti e soffitti.
2	Utilizzare l'igrometro per misurare i livelli di umidità in vari punti sospetti che sono stati individuati.
3	Una volta trovato un punto di particolare interesse, salvare nella memoria dell'igrometro il valore rilevato e identificare il punto della misurazione con un'impronta o con un altro marcatore di identificazione termica.
4	Richiamare dalla memoria dell'igrometro il valore della lettura. L'igrometro lo trasmetterà continuamente alla termocamera ad infrarossi.
5	Utilizzare la termocamera per acquisire l'immagine termica dell'area con il marcatore di identificazione. Anche i dati memorizzati dall'igrometro verranno salvati sull'immagine.

19 Utilizzo delle isoterme

19.1 Isoterme per edilizia

Info generali

La termocamera è dotata di tipi di isoterme specifici per il settore dell'edilizia. È possibile impostare l'attivazione dei tipi di isoterme seguenti:

- **Umidità**: viene attivata quando uno strumento di misurazione rileva una superficie su cui l'umidità relativa supera il valore preimpostato.
- **Isolamento**: viene attivata in caso di problemi di isolamento in un muro.

Informazioni sull'isoterma Umidità

Per individuare aree con umidità relativa inferiore al 100%, si può utilizzare l'isoterma **Umidità** in cui è possibile impostare un valore di umidità relativa sopra il quale l'immagine viene colorata.

Informazioni sull'isoterma Isolamento

L'isoterma **Isolamento** è in grado di rilevare quelle aree dell'edificio in cui potrebbe esistere una carenza di isolamento e viene attivata quando il livello di isolamento (denominato indice termico nella termocamera) scende al di sotto del valore preimpostato di perdita energetica attraverso il muro.

Per il livello di isolamento sono consigliati valori diversi a seconda del codice dell'edificio, tuttavia generalmente i valori per i nuovi edifici sono 60-80%. Per i valori raccomandati, fare riferimento alla codifica edilizia nazionale.

Impostazione di un allarme di umidità

Attenersi alla procedura seguente:

1	Premere per visualizzare il sistema di menu.
2	Utilizzare il pulsante di navigazione per andare a .
3	Premere il pulsante per visualizzare un sottomenu.
4	Utilizzare il pulsante di navigazione per andare a .
5	Premere . In tal modo, verrà visualizzato un sottomenu.
6	Nel sottomenu, selezionare **Umidità**, che consente di visualizzare una finestra di dialogo dove impostare i parametri necessari: ▪ **Temperatura atmosferica**: temperatura atmosferica corrente. ▪ **Umidità relativa**: umidità relativa corrente. ▪ **Limite umidità relativa**: livello di umidità relativo, ossia il livello desiderato che fa attivare l'allarme. 100% significa che l'umidità si trasforma in acqua.
7	Premere . L'impostazione è ora completa e ogni volta che verranno soddisfatti i parametri, verrà visualizzata un'isoterma.

Impostazione di un allarme di isolamento

Attenersi alla procedura seguente:

1	Premere per visualizzare il sistema di menu.
2	Utilizzare il pulsante di navigazione per andare a .
3	Premere il pulsante per visualizzare un sottomenu.
4	Utilizzare il pulsante di navigazione per andare a .
5	Premere . In tal modo, verrà visualizzato un sottomenu.
6	Nel sottomenu, selezionare **Isolamento**, che consente di visualizzare una finestra di dialogo dove impostare i parametri necessari: ▪ **Temperatura esterna**: temperatura atmosferica esterna corrente. ▪ **Temperatura interna**: temperatura atmosferica interna corrente. ▪ **% indice termico**: livello di isolamento, un numero intero tra 0 e 100%.
7	Premere . L'impostazione è ora completa e ogni volta che verranno soddisfatti i parametri, verrà visualizzata un'isoterma.

20 Aggiunta di commenti alle immagini

Info generali

In questa sezione viene descritto come salvare un'immagine termica e ulteriori informazioni mediante i commenti.

I commenti consentono di migliorare l'efficienza di report e le fasi successive di elaborazione, fornendo informazioni fondamentali sull'immagine, quali le condizioni, le foto, la località in cui è stata acquisita l'immagine.

20.1 Acquisizione di foto digitali

Info generali

Quando si salva un'immagine ad infrarossi, è anche possibile acquisire una foto digitale dell'oggetto. La foto digitale verrà automaticamente associata all'immagine ad infrarossi allo scopo di semplificare le fasi di elaborazione successive e la creazione di report.

NOTA

Questa procedura prevede che la termocamera non sia stata impostata per l'acquisizione simultanea di una foto digitale e di una foto termica.

Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1	Assicurarsi che sulla termocamera sia impostata la visualizzazione dell'anteprima delle immagini prima del salvataggio. In caso contrario, passare tramite il joystick a (**Modalità**) > **Impostazioni** > (**Preferenze**) > **Pulsante Salva**.
2	Per visualizzare l'anteprima di un'immagine ad infrarossi, premere brevemente e rilasciare il trigger.
3	Utilizzare il pulsante di navigazione per selezionare .
4	Premere il pulsante per visualizzare un sottomenu.
5	Utilizzare il pulsante di spostamento per selezionare **Foto da videocamera digitale**.
	Premere per acquisire la foto digitale. La foto digitale non sarà aggiunta al "gruppo" ma sarà associata all'immagine termica nell'archivio delle immagini, anche durante lo spostamento dei file dalla termocamera al software di creazione di report sul computer.

20.2 Creazione di un commento sonoro

Info generali

Un commento sonoro è una registrazione audio archiviata nel file di un'immagine termica.

Il commento sonoro viene registrato mediante le cuffie Bluetooth. È possibile riprodurre la registrazione nella termocamera e in un software d'analisi e creazione di report fornito da FLIR Systems.

Procedura

Attenersi alla procedura seguente per creare un commento sonoro:

1	Assicurarsi che sulla termocamera sia impostata la visualizzazione dell'anteprima delle immagini prima del salvataggio. In caso contrario, passare tramite il joystick a (**Modalità**) > **Impostazioni** > (**Preferenze**) > **Pulsante Salva**.
2	Per visualizzare l'anteprima di un'immagine, utilizzare il trigger.
3	Utilizzare il pulsante di navigazione per selezionare .
4	Premere il pulsante per visualizzare un sottomenu.
5	Nel sottomenu, selezionare **Voce**.
6	Eseguire una o più delle operazioni seguenti e premere il joystick per confermare ogni scelta. Alcuni pulsanti hanno più di una funzione. ▪ Per iniziare la registrazione, selezionare . ▪ Per sospendere/riprendere la registrazione, selezionare . ▪ Per arrestare la registrazione, selezionare . ▪ Per ascoltare una registrazione, selezionare . ▪ Per sospendere il riascolto di un commento sonoro, selezionare . ▪ Per andare all'inizio della registrazione, selezionare . ▪ Per eliminare una registrazione, muovere il joystick a sinistra/destra o su/giù e selezionare . ▪ Per salvare la registrazione, selezionare **Salva**.

20.3 Creazione di testo

Info generali

Un testo è associato a un file immagine. Questa funzionalità consente di aggiungere commenti alle immagini, immettendo un testo in formato libero, che può essere riesaminato in un secondo momento.

Procedura

Per la creazione di un testo, attenersi alla procedura seguente:

1	Assicurarsi che sulla termocamera sia impostata la visualizzazione dell'anteprima delle immagini prima del salvataggio. In caso contrario, passare tramite il joystick a (**Modalità**) > **Impostazioni** > (**Preferenze**) > **Pulsante Salva**.
2	Per visualizzare l'anteprima di un'immagine, utilizzare il trigger.
3	Utilizzare il pulsante di navigazione per selezionare .
4	Premere il pulsante per visualizzare un sottomenu.
5	Selezionare **Testo**, nel sottomenu. Sarà visualizzata una tastiera software dove inserire il testo da salvare.
6	Fare clic su OK.

NOTA

Per selezionare i caratteri speciali, tenere premuto il tasto corrispondente presente sulla tastiera software.

20.4 Creazione di una tabella

Info generali

Una tabella può essere considerata come un modulo dove aggiungere le etichette e i valori relativi all'elemento che si sta ispezionando. Ad esempio:

Etichetta (esempi)	Valore (esempi)
Company	Company A Company B Company C
Building	Workshop 1 Workshop 2 Workshop 3
Section	Room 1 Room 2 Room 3
Equipment	Tool 1 Tool 1 Tool 3
Recommendation	Recommendation 1 Recommendation 2 Recommendation 3

Questa funzione risulta molto utile per un salvataggio efficiente delle informazioni di un'immagine quando si devono controllare numerosi oggetti simili. I commenti di testo consentono idealmente di non dover compilare manualmente moduli o protocolli di ispezione.

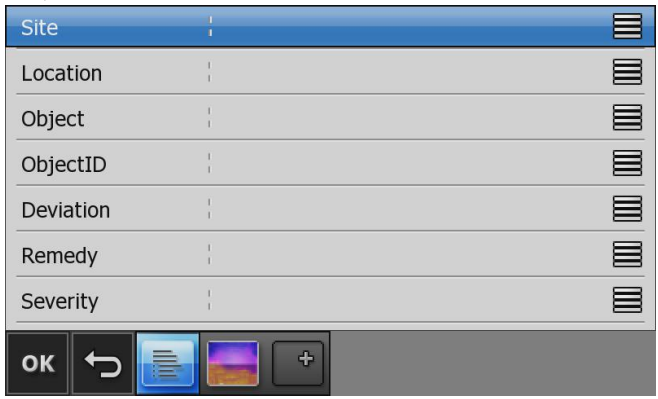
NOTA

- Ai fini di questa procedura si suppone che la termocamera non sia stata impostata per aggiungere automaticamente un commento di testo.
- Per selezionare i caratteri speciali, tenere premuto il tasto corrispondente presente sulla tastiera software.

Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1	Assicurarsi che sulla termocamera sia impostata la visualizzazione dell'anteprima delle immagini prima del salvataggio. In caso contrario, passare tramite il joystick a (**Modalità**) > **Impostazioni** > (**Preferenze**) > **Pulsante Salva**.
2	Per visualizzare l'anteprima di un'immagine, utilizzare il trigger.
3	Utilizzare il pulsante di navigazione per selezionare .
4	Premere il pulsante per visualizzare un sottomenu.
5	Nel sottomenu, selezionare **Tabella**.

6	T639064;a1  In questa finestra di dialogo, è possibile eseguire una delle seguenti operazioni: ▪ Utilizzare un modello di tabella esistente oppure creare un nuovo modello. ▪ Creare nuovi campi. ▪ Inserire nuovi valori di testo per i campi. La tabella verrà ora aggiunta a ciò che viene denominato *gruppo*, quindi sarà associata all'immagine termica nell'archivio immagini, anche quando i file verranno spostati dalla termocamera al software per la creazione di report sul computer.
7	(I passaggi da 6 a 9 descrivono la procedura di aggiunta dei valori a etichette esistenti). Utilizzare il pulsante di navigazione per selezionare un'etichetta dall'elenco, ad esempio Luogo o Oggetto.
8	Premere OK per visualizzare una finestra di dialogo.
9	In questa finestra di dialogo, eseguire una delle operazioni seguenti: ▪ Selezionare una delle descrizioni predefinite, ad esempio motore o sfiato. ▪ Fare clic su **Nuovo** per creare una nuova descrizione. ▪ Fare clic su **Modifica** per modificare le descrizioni predefinite. ▪ Fare clic su **Elimina** per eliminare una delle descrizioni predefinite.
10	Fare clic su OK.

21 Registrazione di filmati

Info generali

È possibile registrare filmati nel visibile o termici ma non radiometrici. In questa modalità, la termocamera può essere considerata una normale videocamera digitale.

I filmati possono essere riprodotti in Windows Media Player di Microsoft, ma non sarà possibile recuperare le relative informazioni radiometriche.

Procedura

Attenersi alla procedura seguente per registrare filmati non radiometrici visibili o termici.

1	Premere per visualizzare il sistema di menu.
2	Passare su (**Modalità**) utilizzando il joystick, quindi selezionare **Video**.
3	Attenersi alla seguente procedura: ▪ Per iniziare una registrazione, premere brevemente e rilasciare il pulsante di anteprima/salvataggio. ▪ Per interrompere una registrazione, premere brevemente e rilasciare il pulsante di anteprima/salvataggio.
4	Dopo aver interrotto la registrazione, viene visualizzata una barra degli strumenti in cui è possibile eseguire una o più delle attività seguenti: ▪ Salvare la registrazione. ▪ Annullare la registrazione. ▪ Riprodurre la registrazione. ▪ Aggiungere un commento di testo. ▪ Aggiungere una tabella.

22 Modifica delle impostazioni

Info generali

È possibile cambiare numerose impostazioni per la termocamera:

- Impostazioni della termocamera, ad esempio intensità display, gestione alimentazione, calibrazione touch screen e impostazioni predefinite.
- Preferenze, ad esempio impostazioni per i commenti e la sovrapposizione.
- Connettività, ad esempio impostazioni per Wi-fi e Bluetooth.
- Impostazioni locali, ad esempio lingua, data e ora, formato di data e ora, unità relative alla distanza e alla temperatura.

Questa area contiene anche informazioni non modificabili sulla termocamera, ad esempio numero di serie, versione del firmware e livello della batteria.

Procedura

Per cambiare le impostazioni, attenersi alla procedura seguente:

1	Premere per visualizzare il sistema di menu.
2	Utilizzare il pulsante di navigazione per andare a (**Modalità**), quindi selezionare **Impostazioni**.
3	Premere . In tal modo, verrà visualizzata una finestra di dialogo.
4	Attenersi alla seguente procedura: ■ Utilizzare il pulsante di navigazione per passare da una scheda a un'altra o per spostarsi in alto o in basso nelle schede. ■ Utilizzare il pulsante per modificare le impostazioni correntemente selezionate. ■ Utilizzare il pulsante per confermare le scelte.

23 Pulizia della termocamera

23.1 Rivestimento esterno, cavi e altri componenti della termocamera

Liquidi

Utilizzare uno dei liquidi seguenti:

- Acqua calda
- Una soluzione detergente non aggressiva

Dotazione necessaria

Un panno morbido

Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1	Immergere il panno nel liquido.
2	Strizzare il panno per rimuovere il liquido in eccesso.
3	Con il panno, pulire la parte desiderata.

ATTENZIONE

Non utilizzare solventi o liquidi equivalenti sulla termocamera, i cavi e gli altri componenti. Potrebbero danneggiarsi.

23.2 Obiettivo a infrarossi

Liquidi

Utilizzare uno dei liquidi seguenti:

- 96% di alcol isopropilico.
- Un liquido per la pulizia dell'obiettivo comunemente in commercio con oltre il 30% di alcol isopropilico.

Dotazione necessaria

Batuffolo di cotone

Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1	Immergere un batuffolo di cotone nel liquido.
2	Strizzare il batuffolo di cotone per rimuovere il liquido in eccesso.
3	Pulire l'obiettivo solo una volta e gettare il batuffolo di cotone.

AVVERTENZA

Prima di utilizzare un liquido, leggere attentamente tutte le relative schede con i dati di sicurezza del materiale (MSDS, Material Safety Data Sheets) e le etichette con le avvertenze applicate sui contenitori. I liquidi possono essere pericolosi.

ATTENZIONE

- Quando si pulisce l'obiettivo a infrarossi, procedere con cautela. L'obiettivo è dotato di un rivestimento antiriflesso.
- Non eccedere nella pulizia dell'obiettivo a infrarossi. Il rivestimento antiriflesso potrebbe rovinarsi.

23.3 Rilevatore ad infrarossi

Info generali

Anche una piccola quantità di polvere sul rilevatore ad infrarossi può dar luogo a delle imperfezioni sull'immagine. Per rimuoverne qualsiasi traccia, attenersi alla procedura seguente.

NOTA

- Questa sezione fa riferimento a termocamere in cui la rimozione dell'obiettivo lascia scoperto il rilevatore ad infrarossi.
- In alcuni casi è impossibile rimuovere la polvere con questa procedura ed è necessario richiedere l'intervento di personale di assistenza qualificato per pulire il rilevatore meccanicamente.

ATTENZIONE

Nel passaggio 2 riportato di seguito, non utilizzare aria compressa di un impianto industriale e fonti simili; l'aria compressa contiene anche particelle di olio destinate a lubrificare gli utensili.

Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1	Rimuovere l'obiettivo dalla termocamera.
2	Soffiare via la polvere utilizzando aria compressa delle bombolette.

24 Dati tecnici

Per i dati tecnici, fare riferimento al catalogo tecnico sul CD-ROM della documentazione utente, in dotazione con la termocamera.

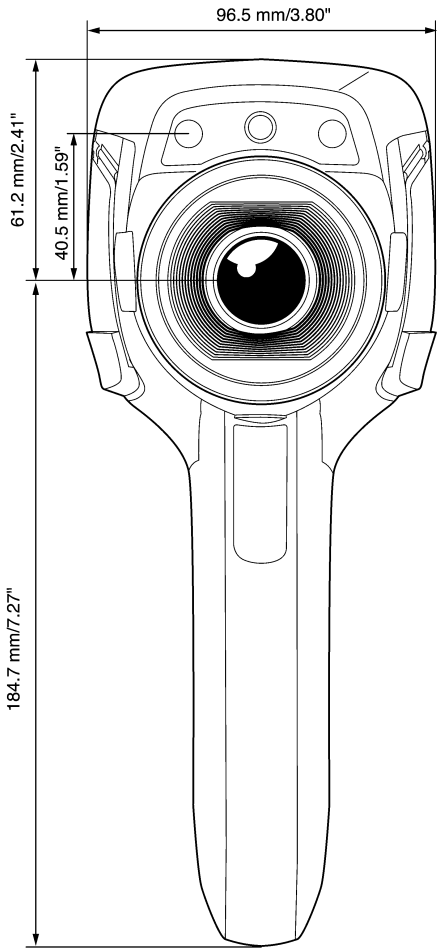
I dati tecnici sono reperibili anche nel sito http://support.flir.com.

25 Disegni dimensionali

25.1 Dimensioni termocamera, vista anteriore (1)

Figura

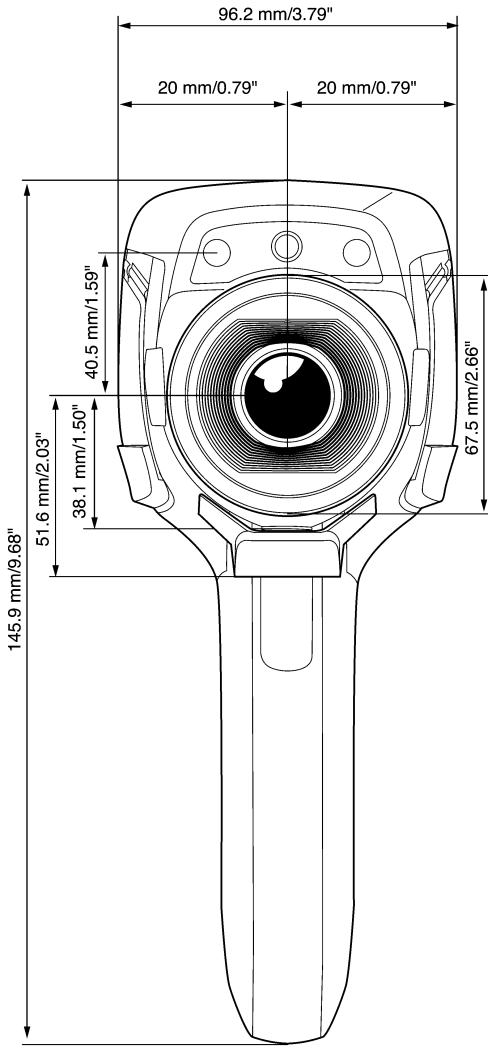
T638765;a1



25.2 Dimensioni termocamera, vista anteriore (2)

Figura

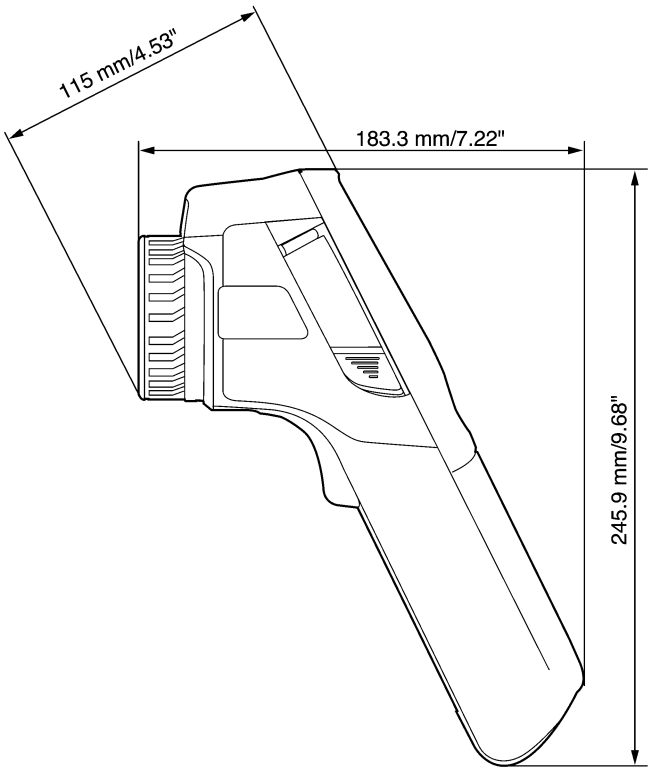
T638766;a1



25.3 Dimensioni termocamera, vista laterale (1)

Figura

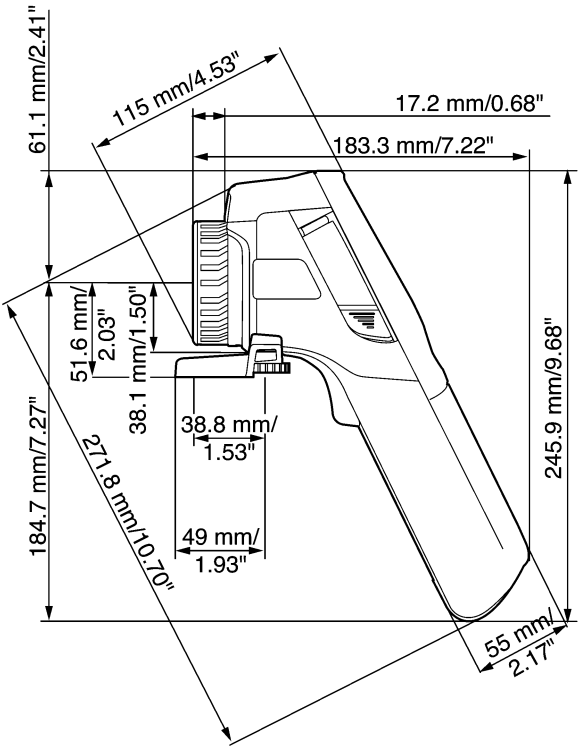
T638772;a1



25.4 Dimensioni termocamera, vista laterale (2)

Figura

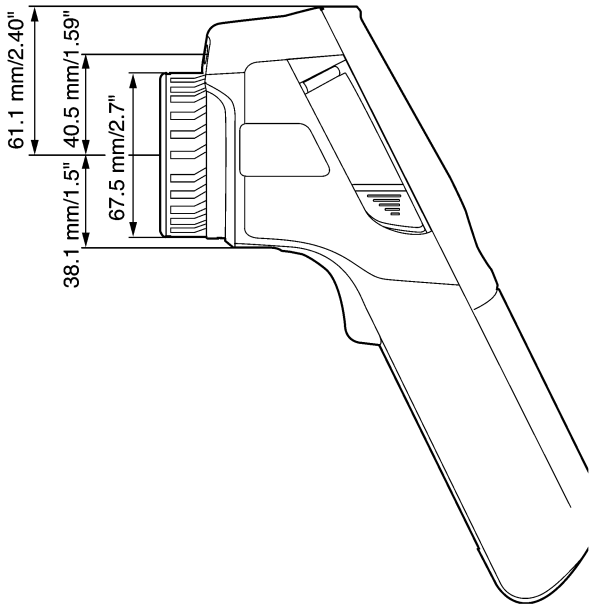
T638773;a1



25.5 Dimensioni termocamera, vista laterale (3)

Figura

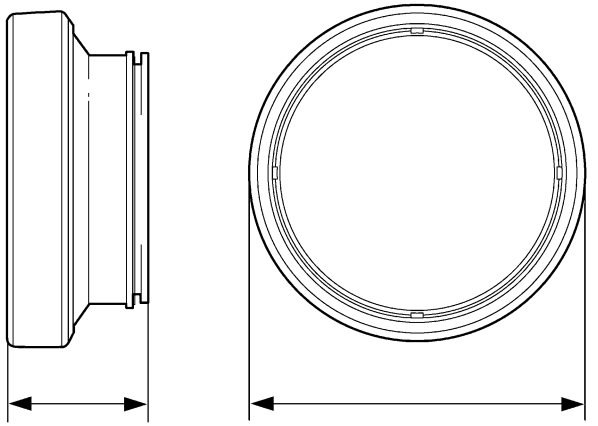
T638774;a1



25.6 Obiettivo a infrarossi (30 mm/15°)

Figura

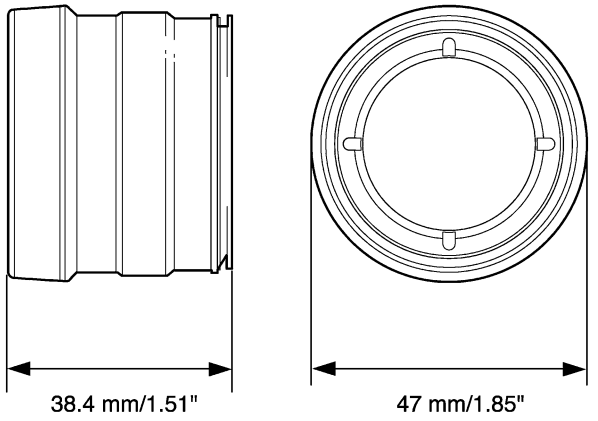
10762503;a1



25.7 Obiettivo a infrarossi (10 mm/45°)

Figura

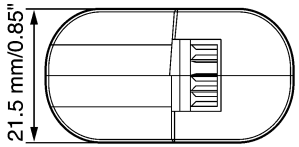
10762403;a1



25.8 Batteria (1)

Figura

T638782;a1

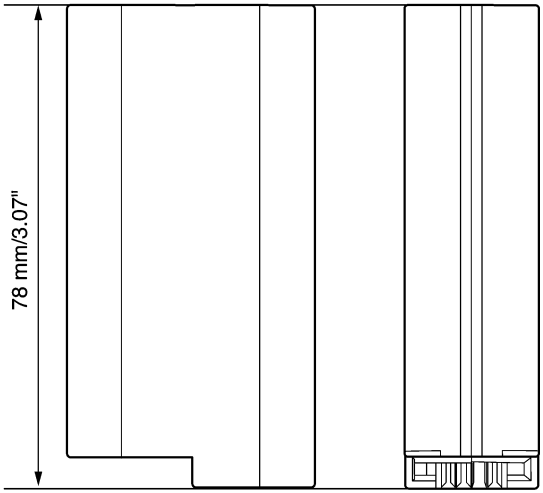


NOTA Prima di installare la batteria, rimuovere eventuale acqua o umidità con un panno pulito e asciutto.

25.9 Batteria (2)

Figura

T638783;a1



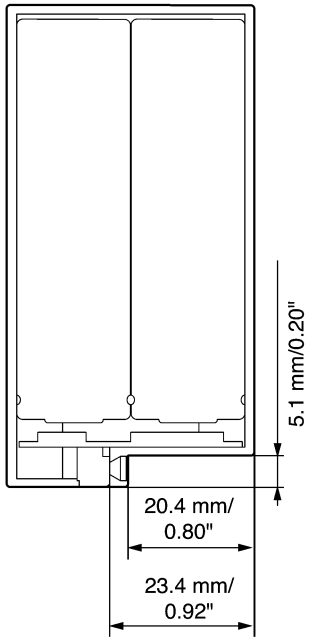
NOTA

Prima di installare la batteria, rimuovere eventuale acqua o umidità con un panno pulito e asciutto.

25.10 Batteria (3)

Figura

T638784;a1



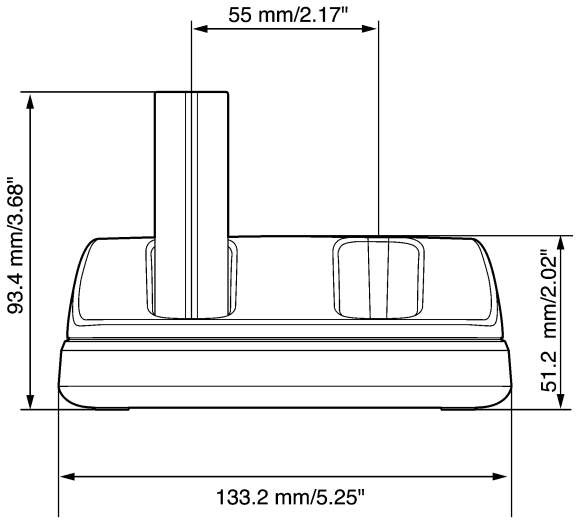
NOTA

Prima di installare la batteria, rimuovere eventuale acqua o umidità con un panno pulito e asciutto.

25.11 Caricabatteria (1)

Figura

T638767;a1



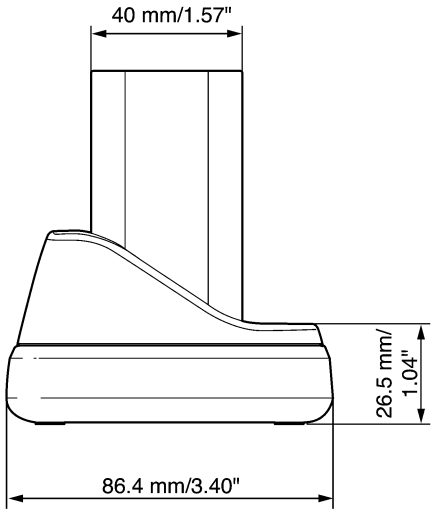
NOTA

Prima di inserire la batteria nel caricabatteria, rimuovere eventuale acqua o umidità con un panno pulito e asciutto.

25.12 Caricabatteria (2)

Figura

T638768;a1



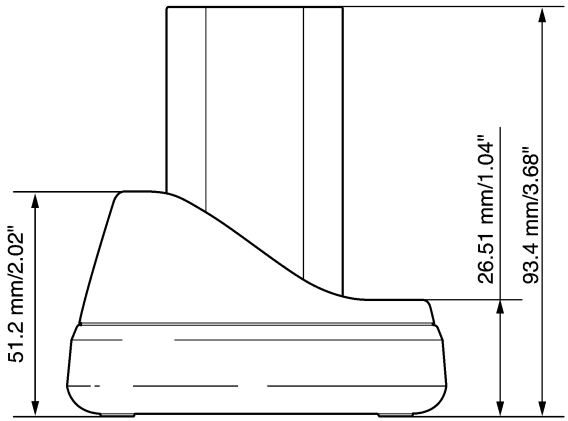
NOTA

Prima di inserire la batteria nel caricabatteria, rimuovere eventuale acqua o umidità con un panno pulito e asciutto.

25.13 Caricabatteria (3)

Figura

T638769;a1



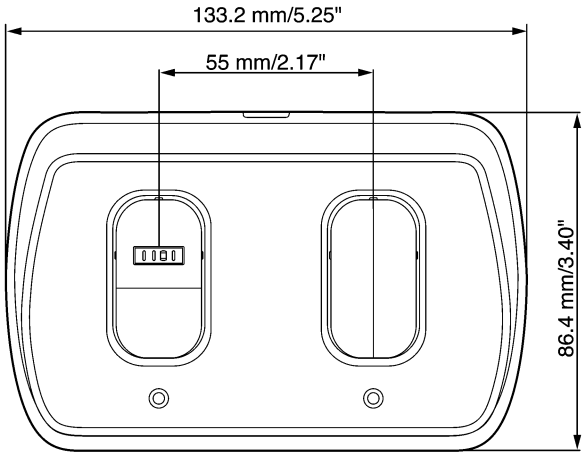
NOTA

Prima di inserire la batteria nel caricabatteria, rimuovere eventuale acqua o umidità con un panno pulito e asciutto.

25.14 Caricabatteria (4)

Figura

T638770;a1



NOTA

Prima di inserire la batteria nel caricabatteria, rimuovere eventuale acqua o umidità con un panno pulito e asciutto.

26 Esempi di applicazioni

26.1 Infiltrazioni di acqua e umidità

Info generali

È spesso possibile rilevare infiltrazioni di acqua e umidità nelle abitazioni mediante una termocamera a infrarossi, in quanto l'area interessata presenta una proprietà di conduzione del calore diversa, nonché una capacità di immagazzinare calore diversa rispetto al materiali circostante.

NOTA

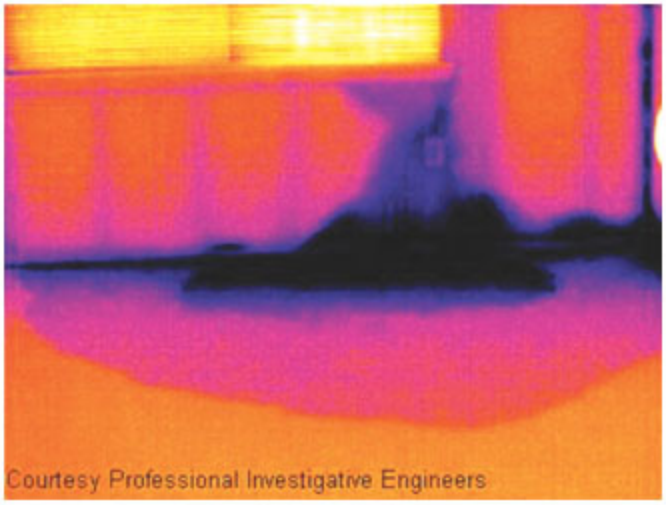
La possibilità di rilevare infiltrazioni di acqua e umidità mediante un'immagine termica dipende da diversi fattori.

Il riscaldamento e il raffreddamento delle aree interessate avviene ad esempio con velocità diverse a seconda del materiale e dell'ora del giorno. È pertanto importante utilizzare anche altri metodi per rilevare le infiltrazioni di acqua e umidità.

Figura

Nell'immagine seguente viene illustrata un'infiltrazione di acqua estesa su una parete esterna in cui l'acqua è penetrata oltre la facciata esterna a causa di un davanzale non installato correttamente.

10739503;a1



26.2 Contatto difettoso in una presa

Info generali

A seconda del tipo di presa, un cavo collegato in modo improprio può determinare un aumento locale della temperatura. Tale aumento di temperatura è dovuto alla riduzione dell'area di contatto tra il punto di collegamento del cavo e la presa. Questo problema può causare incendi, a causa della sovratemperatura.

NOTA

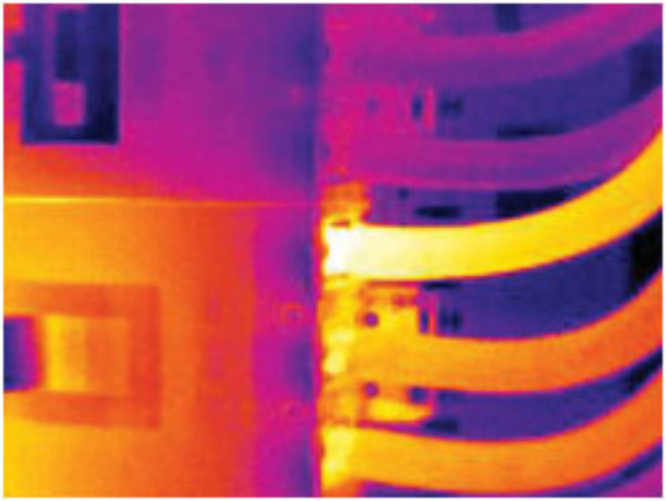
La struttura di una presa può risultare molto diversa a seconda del produttore. Diversi tipi di problemi possono pertanto produrre immagini termiche dall'aspetto analogo.

L'aumento locale della temperatura può inoltre essere determinato dal contatto improprio tra cavo e presa o da una differenza di carico.

Figura

Nell'immagine seguente viene illustrato il collegamento difettoso di un cavo a una presa che ha determinato un aumento locale della temperatura.

10739603;a1



26.3 Presa ossidata

Info generali

A seconda del tipo di presa e delle condizioni ambientali in cui si trova, è possibile che si verifichi un'ossidazione delle superfici di contatto. Questo problema può determinare un aumento locale della resistenza quando la presa viene caricata, il che si riflette nell'immagine termica sotto forma di aumento della temperatura.

NOTA

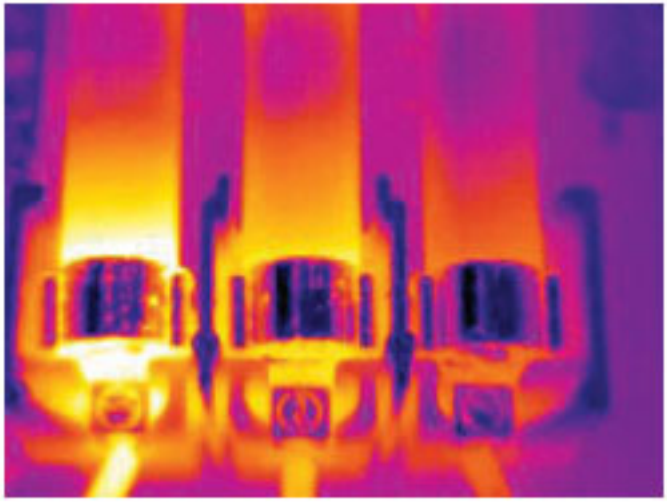
La struttura di una presa può risultare molto diversa a seconda del produttore. Diversi tipi di problemi possono pertanto produrre immagini termiche dall'aspetto analogo.

L'aumento locale della temperatura può inoltre essere determinato dal contatto improprio tra cavo e presa o da una differenza di carico.

Figura

Nell'immagine seguente viene illustrata una serie di fusibili, di cui uno presente un aumento della temperatura sulle superfici di contatto con il relativo contenitore. A causa del materiale metallico con cui è fatta la zona di attacco dei fusibili, l'aumento di temperatura non è visibile. Al contrario risulta visibile sul materiale di ceramica di cui è costituito il corpo del fusibile.

10739703;a1



26.4 Carenze d'isolamento

Info generali

I problemi di isolamento derivano dalla perdita di volume del materiale isolante nel tempo, il quale non è quindi più in grado di riempire la cavità nell'intelaiatura della parete.

Con una termocamera a infrarossi è possibile rilevare i problemi di isolamento poiché presentano una proprietà di conduzione del calore diversa rispetto al materiale isolante installato correttamente, nonché individuare l'area in cui l'aria penetra all'interno dell'intelaiatura dell'edificio.

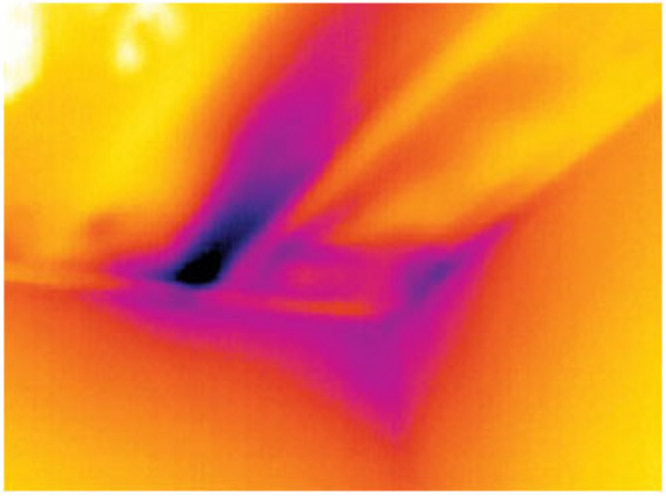
NOTA

Quando si controlla un edificio, le differenza di temperatura tra interno ed esterno dovrebbe essere di almeno 10° C. Montanti, tubature dell'acqua, colonne in calcestruzzo e componenti simili possono apparire simili a problemi di isolamento in un'immagine termica. Possono inoltre verificarsi altre differenze di minore entità.

Figura

Nell'immagine seguente viene illustrato un problema di isolamento nell'intelaiatura del tetto. A causa dell'assenza di isolamento, l'aria è penetrata nella struttura del tetto il cui aspetto risulta pertanto diverso nell'immagine termica.

10739803;a1



26.5 Corrente d'aria

Info generali

Infiltrazioni d'aria possono trovarsi in corrispondenza di battiscopa, porte, infissi e controsoffitti. Questo tipo di corrente d'aria risulta spesso rilevabile con una termocamera a infrarossi e viene indicata come un flusso di aria più fredda che lambisce la superficie circostante.

NOTA

Quando si cercano le correnti d'aria in un'abitazione, è inoltre possibile che sia presente una pressione subatmosferica. Chiudere tutte le porte, le finestre e i condotti di ventilazione e accendere la cappa della cucina per un certo periodo di tempo prima di acquisire le immagini termiche.

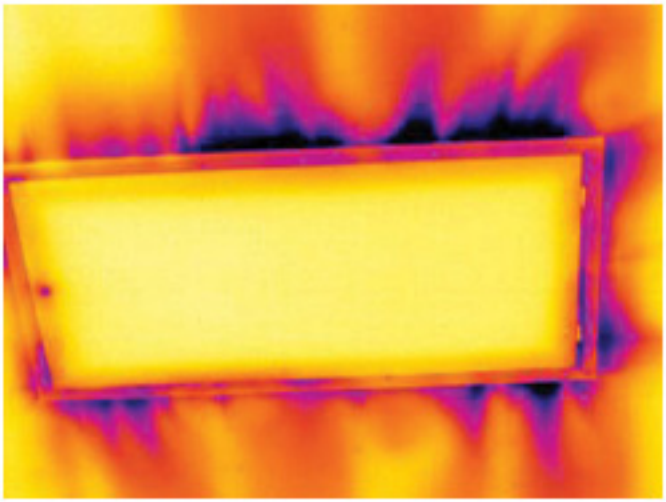
In un'immagine termica di una corrente d'aria viene indicato da un modello di flusso tipico, illustrato chiaramente nella figura seguente.

Tenere inoltre presente che le correnti d'aria possono essere nascoste dal calore emesso dal sistema di riscaldamento.

Figura

Nell'immagine viene illustrato un portello del controsoffitto la cui installazione non corretta determina una forte corrente d'aria.

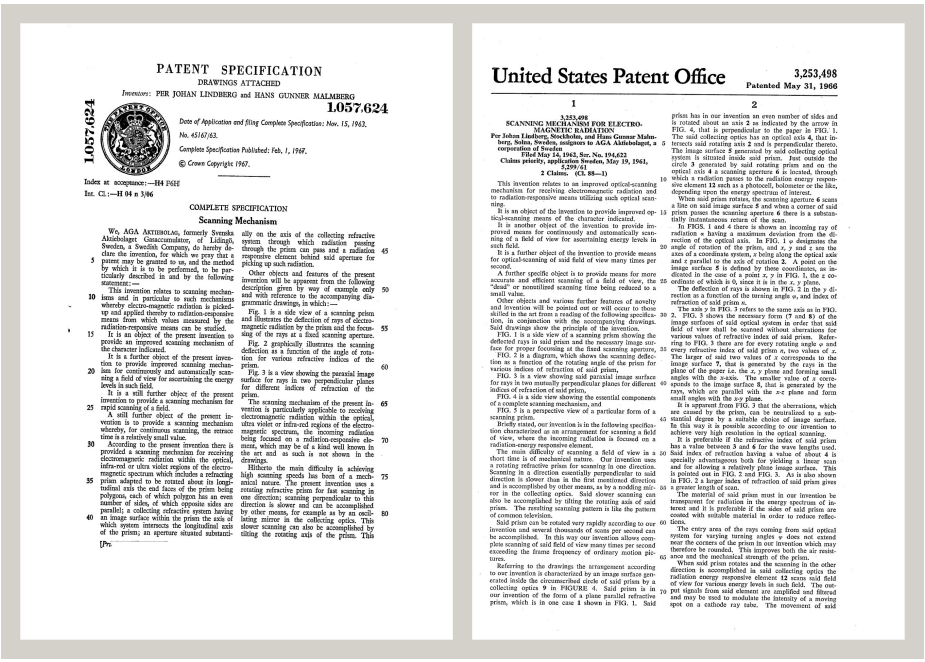
10739903;a1



27 Informazioni su FLIR Systems

FLIR Systems è stata fondata nel 1978 con l'obiettivo di sviluppare innovativi sistemi di imaging termico a elevate prestazioni e si è affermata come leader internazionale nel settore della progettazione, produzione e distribuzione di tali sistemi per un'ampia gamma di applicazioni commerciali, industriali e istituzionali. FLIR Systems include oggi cinque delle maggiori società che vantano straordinari risultati nel settore della tecnologia termica, dal 1958: la svedese AGEMA Infrared Systems (precedentemente nota come AGA Infrared Systems), le tre aziende statunitensi Indigo Systems, FSI e Inframetrics e la società francese Cedip. Nel novembre 2007, FLIR Systems ha acquisito Extech Instruments.

T638608;a1



PATENT SPECIFICATION

DRAWINGS ATTACHED

Inventors: PER JOHAN LINDBERG and HANS GUNNER MALMBERG

1,057,624

Date of Application and filing Complete Specification: Nov. 15, 1963.

No. 45167/63.

Complete Specification Published: Feb. 1, 1967.

© Crown Copyright 1967.

Index at acceptance:—H4 P6F

Int. Cl.:—H 04 n 3/06

COMPLETE SPECIFICATION

Scanning Mechanism

We, AGA AKTIEBOLAG, formerly Svenska Aktiebolaget Gasaccumulator, of Lidingö, Sweden, a Swedish Company, do hereby declare the invention, for which we pray that a patent may be granted to us, and the method by which it is to be performed, to be particularly described in and by the following statement:—

This invention relates to scanning mechanisms and in particular to such mechanisms whereby electro-magnetic radiation is picked-up and applied thereby to radiation-responsive means from which values measured by the radiation-responsive means can be studied.

It is an object of the present invention to provide an improved scanning mechanism of the character indicated.

It is a further object of the present invention to provide improved scanning mechanism for continuously and automatically scanning a field of view for ascertaining the energy levels in such field.

It is a still further object of the present invention to provide a scanning mechanism for rapid scanning of a field.

A still further object of the present invention is to provide a scanning mechanism whereby, for continuous scanning, the return time is a relatively small value.

According to the present invention there is provided a scanning mechanism for receiving electromagnetic radiation within the optical, infra-red or ultra violet regions of the electromagnetic spectrum which includes a refracting prism adapted to be rotated about its longitudinal axis the end faces of the prism being polygons, each of which polygon has an even number of sides, of which opposite sides are parallel; a collecting refractive system having an image surface within the prism the axis of which system intersects the longitudinal axis of the prism; an aperture situated substantially on the axis of the collecting refractive system through which radiation passing through the prism can pass and a radiation responsive element behind said aperture for picking up such radiation.

Other objects and features of the present invention will be apparent from the following description given by way of example only and with reference to the accompanying diagrammatic drawings, in which:—

Fig. 1 is a side view of a scanning prism and illustrates the deflection of rays of electromagnetic radiation by the prism and the focussing of the rays at a fixed scanning aperture.

Fig. 2 graphically illustrates the scanning deflection as a function of the angle of rotation for various refractive indices of the prism.

Fig. 3 is a view showing the parasial image surface for rays in two perpendicular planes for different indices of refraction of the prism.

The scanning mechanism of the present invention is particularly applicable to receiving electromagnetic radiation within the optical, ultra violet or infra-red regions of the electromagnetic spectrum, the incoming radiation being focused on a radiation-responsive element, which may be of a kind well known in the art and as such is not shown in the drawings.

Hitherto the main difficulty in achieving high scanning speeds has been of a mechanical nature. The present invention uses a rotating refractive prism for fast scanning in one direction; scanning perpendicular to this direction is slower and can be accomplished by other means, as by a nodding mirror in the collecting optics. Said slower scanning can also be accomplished by tilting the rotating axis of said prism. The resulting scanning pattern is like the pattern of common television.

Said prism can be rotated very rapidly according to our invention and several thousands of scans per second can be accomplished. In this way our invention allows complete scanning of said field of view many times per second exceeding the frame frequency of ordinary motion pictures.

Referring to the drawings the arrangement according to our invention is characterized by an image surface generated inside the circumscribed circle of said prism by a collecting optics 9 in FIGURE 4. Said prism is in our invention of the form of a plane parallel refractive prism, which is in one case A shown in FIG. 1. Said

[Pr

United States Patent Office

3,253,498

Patented May 31, 1966

1

3,253,498

SCANNING MECHANISM FOR ELECTRO-MAGNETIC RADIATION

Per Johan Lindberg, Stockholm, and Hans Gunnar Malmberg, Solna, Sweden, assignors to AGA Aktiebolaget, a corporation of Sweden

Filed May 14, 1963, Ser. No. 194,622

Claims priority, application Sweden, May 19, 1961, 5,209/61

2 Claims. (Cl. 88—1)

This invention relates to an improved optical-scanning mechanism for receiving electromagnetic radiation and to radiation-responsive means utilizing such optical scanning.

It is an object of the invention to provide improved optical-scanning means of the character indicated.

It is another object of the invention to provide improved means for continuously and automatically scanning of a field of view for ascertaining energy levels in such field.

It is a further object of the invention to provide means for optical-scanning of said field of view many times per second.

A further specific object is to provide means for more accurate and efficient scanning of a field of view, the "dead" or nonutilized scanning time being reduced to a small value.

Other objects and various further features of novelty and invention will be pointed out or will occur to those skilled in the art from a reading of the following specification, in conjunction with the accompanying drawings. Said drawings show the principle of the invention.

FIG. 1 is a side view of a scanning prism showing the deflected rays in said prism and the necessary image surface for proper focussing at the fixed scanning aperture, 10

FIG. 2 is a diagram, which shows the scanning deflection as a function of the rotating angle of the prism for various indices of refraction of said prism,

FIG. 3 is a view showing said parasial image surface for rays in two mutually perpendicular planes for different indices of refraction of said prism,

FIG. 4 is a side view showing the essential components of a complete scanning mechanism, and

FIG. 5 is a perspective view of a particular form of a scanning prism.

Briefly stated, our invention is in the following specification characterized as an arrangement for scanning a field of view, where the incoming radiation is focused on a radiation-energy responsive element.

The main difficulty of scanning a field of view in a short time is of mechanical nature. Our invention uses a rotating refractive prism for scanning in one direction. Scanning in the direction essentially perpendicular to said direction is slower than in the first mentioned direction and is accomplished by other means, as by a nodding mirror in the collecting optics. Said slower scanning can also be accomplished by tilting the rotating axis of said prism. The resulting scanning pattern is like the pattern of common television.

Said prism can be rotated very rapidly according to our invention and several thousands of scans per second can be accomplished. In this way our invention allows complete scanning of said field of view many times per second exceeding the frame frequency of ordinary motion pictures.

Referring to the drawings the arrangement according to our invention is characterized by an image surface generated inside the circumscribed circle of said prism by a collecting optics 9 in FIGURE 4. Said prism is in our invention of the form of a plane parallel refractive prism, which is in one case A shown in FIG. 1. Said

2

prism has in our invention an even number of sides and is rotated about an axis 2 as indicated by the arrow in FIG. 4, that is perpendicular to the paper in FIG. 1. The said collecting optics has an optical axis 4, that intersects said rotating axis 2 and is perpendicular thereto. The image surface 5 generated by said collecting optical system is situated inside said prism. Just outside the prism 3 is provided a fixed rotating prism and on the optical axis 4 a scanning aperture 6 is located, through which a radiation passes to the radiation energy responsive element 12 such as a photocell, bolometer or the like, depending upon the energy spectrum of interest.

When said prism rotates, the scanning aperture 6 scans a line on said image surface 5 and when a corner of said prism passes the scanning aperture 6 there is a substantially instantaneous return of the scan.

In FIGS. 1 and 4 there is shown an incoming ray of radiation a having a maximum deviation from the direction of the optical axis. In FIG. 1 φ designates the angle of rotation of the prism, and x, y and z are the axes of a coordinate system, z being along the optical axis and x parallel to the axis of rotation 2. A point on the image surface 5 is defined by these coordinates, as indicated in the case of a point x, y in FIG. 1, the z coordinate of which is 0, since it is in the x, y plane.

The deflection of rays is shown in FIG. 2 in the y direction as a function of the turning angle α, and index of refraction of said prism n.

The axis y in FIG. 3 refers to the same axis as in FIG. 2. FIG. 3 shows the necessary form (7 and 8) of the image surfaces of said optical system in order that said field of view shall be scanned without aberrations for various values of refractive index of said prism. Referring to FIG. 3 there are for every rotating angle φ and every refractive index of said prism n, two values of x. The larger of said two values of x corresponds to the image surface 7, that is generated by the rays in the plane of the paper i.e. the x, y plane and forming small angles with the x-axis. The smaller value of x corresponds to the image surface 8, that is generated by the rays, which are parallel with the x-z plane and form small angles with the x-y plane.

It is apparent from FIG. 3 that the aberrations, which are caused by the prism, can be neutralized to a substantial degree by a suitable choice of image surface. In this way it is possible according to our invention to achieve very high resolution in the optical scanning.

It is preferable if the refractive index of said prism has a value between 1.5 and 2 for the wave length used. Said index of refraction having a value of about 4 is specially advantageous both for yielding a linear scan and for allowing a relatively plane image surface. This is pointed out in FIG. 2 and FIG. 3. As is also shown in FIG. 2 a larger index of refraction of said prism gives a greater length of scan.

The material of said prism must in our invention be transparent for radiation in the energy spectrum of interest and it is preferable if the sides of said prism are coated with suitable material in order to reduce reflection.

The entry area of the rays coming from said optical system for varying turning angles φ does not extend over the corners of the prism in our invention which may therefore be rounded. This improves both the air resistance and the mechanical strength of the prism.

When said prism rotates and the scanning in the other direction is accomplished by said collecting optics the radiation energy responsive element 12 scans said field of view for various energy levels in said field. The output signals from said element are amplified and filtered and may be used to modulate the intensity of a moving spot on a cathode ray tube. The movement of said

Figura 27.1 Documenti di brevetto dagli inizi degli anni 1960

La società ha venduto oltre 140,000 termocamere ad infrarossi in tutto il mondo per utilizzi quali manutenzione preventiva, R & D, test non distruttivi, controllo e automazione dei processi, visione artificiale e molti altri ancora.

FLIR Systems dispone di tre stabilimenti produttivi negli Stati Uniti (Portland, OREGON, Boston, MASSACHUSSETS, Santa Barbara, CALIFORNIA) e uno in Svezia (Stoccolma). Dal 2007 ha uno stabilimento produttivo anche a Tallinn, Estonia. È inoltre presente

con uffici commerciali in Belgio, Brasile, Cina, Francia, Germania, Gran Bretagna, Hong Kong, Italia, Giappone, Corea, Svezia e USA, i quali, coadiuvati da una rete mondiale di agenti e distributori, supportano la base di clienti internazionali della società.

FLIR Systems è una società innovativa nel settore delle termocamere a infrarossi in grado di anticipare la domanda del mercato migliorando costantemente i prodotti esistenti e sviluppandone di nuovi. La storia della società è costellata di importanti innovazioni che hanno segnato tappe fondamentali nella progettazione e nello sviluppo del prodotto, quali, ad esempio, l'introduzione della prima termocamera portatile a batteria per le ispezioni industriali e della prima termocamera a infrarossi senza raffreddamento, solo per citarne un paio.

10722703;a2

Figura 27.2 SINISTRA: Thermovision® Modello 661 del 1969. La termocamera pesava circa 25 kg, l'oscilloscopio 20 kg e lo stativo 15 kg. L'operatore inoltre doveva procurarsi un gruppo elettrogeno da 220 VCA e un contenitore da 10 litri con azoto liquido. Alla sinistra dell'oscilloscopio è visibile l'attacco Polaroid (6 kg). **DESTRA:** FLIR i7 del 2009. Peso: 0,34 kg, batteria inclusa.

FLIR Systems produce autonomamente i principali componenti meccanici ed elettronici delle proprie termocamere. Tutte le fasi della produzione, dalla progettazione dei rilevatori alla produzione delle lenti e dell'elettronica di sistema, fino alla calibrazione e al collaudo finali, vengono eseguite sotto la supervisione di tecnici specializzati in tecnologie a infrarossi, le cui grandi competenze garantiscono la precisione e l'affidabilità di tutti i componenti cruciali assemblati nella termocamera.

27.1 Molto di più di una semplice termocamera a infrarossi

L'obiettivo di FLIR Systems non consiste semplicemente nella produzione dei migliori sistemi per termocamere. Ci impegniamo infatti per migliorare la produttività di tutti gli utenti dei nostri sistemi offrendo loro una combinazione di eccezionale potenza di software e termocamere. Il nostro software è specificatamente progettato per consentire la manutenzione preventiva, mentre il monitoraggio dei processi di ricerca e sviluppo viene realizzato internamente all'azienda. La maggior parte del software è disponibile in più lingue.

A corredo delle termocamere prodotte dall'azienda, viene fornita un'ampia gamma di accessori che consentono di adattare l'apparecchiatura acquistata a qualunque tipo di utilizzo.

27.2 Le competenze della società a disposizione del cliente

Nonostante le termocamere prodotte da Flir Systems siano progettate per essere di semplice utilizzo, la termografia è un settore molto complesso e non è sufficiente saper utilizzare la termocamera. FLIR Systems ha pertanto creato il centro di addestramento ITC (Infrared Training Center), un'unità operativa distinta che si occupa di fornire corsi di formazione certificati. Partecipando a uno dei corsi organizzati dall'ITC, gli operatori acquisiscono l'esperienza pratica necessaria.

Il personale dell'ITC fornisce inoltre il supporto applicativo necessario per passare dalla teoria alla pratica.

27.3 Una società dedicata al supporto dei clienti

FLIR Systems gestisce una rete mondiale di servizi volti a mantenere sempre operative le termocamere fornite. Se si verifica un problema, i centri di assistenza locali dispongono delle attrezzature e del know-how necessari per risolverlo nel più breve tempo possibile. Non è pertanto necessario inviare lontano la termocamera o parlare con operatori che non capiscono l'italiano.

27.4 Alcune foto degli stabilimenti

10401303;a1

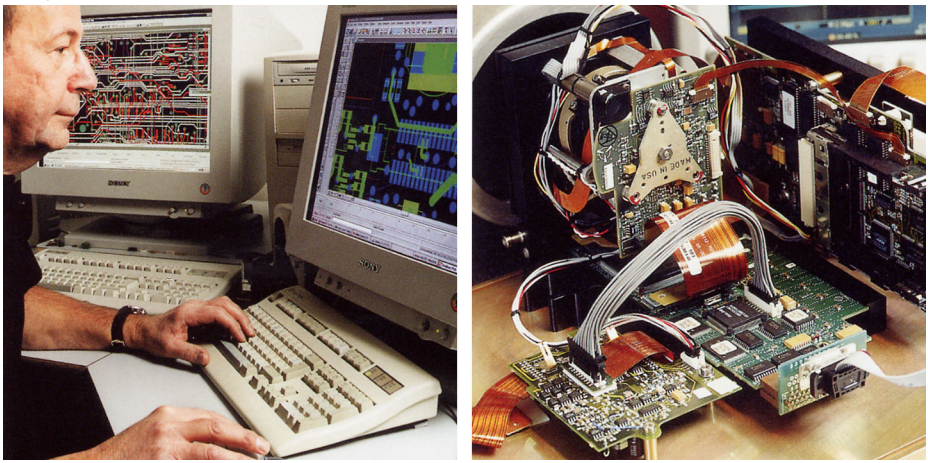


Figura 27.3 SINISTRA: sviluppo di elettronica di sistema; **DESTRA:** collaudo di un rilevatore FPA

10401403;a1

Figura 27.4 SINISTRA: tornio a punta di diamante; **DESTRA:** lucidatura dell'obiettivo

10401503;a1

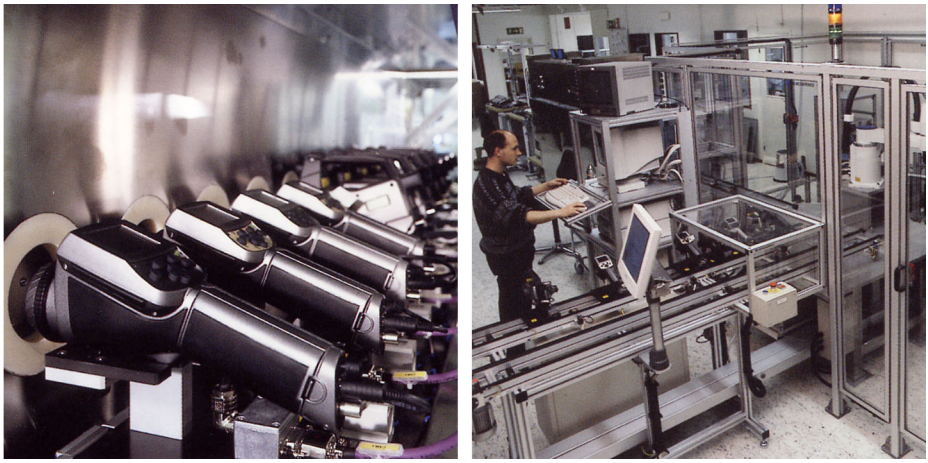


Figura 27.5 SINISTRA: Collaudo delle termocamere a infrarossi nella camera climatica; **DESTRA:** Robot per il collaudo e la calibrazione delle termocamere

28 Glossario

Termine o espressione	Descrizione
ambiente	Gli oggetti e i gas che emettono radiazioni verso l'oggetto sottoposto a misurazione.
assorbimento (fattore)	La quantità di radiazione assorbita da un oggetto rispetto alla radiazione ricevuta. Un valore compreso tra 0 e 1.
atmosfera	I gas presenti tra l'oggetto misurato e la termocamera, normalmente aria.
campo	L'intervallo della scala della temperatura, in genere espresso come un valore di segnale.
cavità isotermica	Un radiatore con cavità a forma di bottiglia con una temperatura uniforme, osservato attraverso il collo di bottiglia.
colore di saturazione	Le aree con temperature che non rientrano nelle impostazioni di livello e campo correnti vengono colorate con i colori di saturazione. Nei colori di saturazione sono compresi un colore di 'superamento del limite massimo' e un colore di 'non raggiungimento del limite minimo'. Esiste anche un terzo colore di saturazione rosso, con cui viene contrassegnato qualunque elemento saturato dal rilevatore per indicare che è opportuno cambiare l'intervallo.
conduzione	Il processo che determina la diffusione del calore in un materiale.
convezione	La convezione è uno scambio termico in cui un fluido, che viene posto in movimento o per gravità o tramite altre forze, trasferisce il calore da un posto a un altro.
corpo grigio	Un oggetto che emette una frazione fissa della quantità di energia di un corpo nero per ciascuna lunghezza d'onda.
corpo nero	Un oggetto totalmente non riflettente. Tutta la radiazione che emette è generata solo dalla propria temperatura.
corpo nero radiante	Dispositivo radiante IR con proprietà di corpo nero, utilizzato per calibrare le termocamere.
correzione di immagine (interna / esterna)	Un modo per compensare le differenze di sensibilità nelle varie parti delle immagini dal vivo e anche per stabilizzare la termocamera.
differenza di temperatura.	Un valore risultante dalla sottrazione tra due valori di temperatura.
doppia isoterma	Un'isoterma con due bande di colori invece di una.

Termine o espressione	Descrizione
emissività (fattore)	La quantità di radiazione proveniente da un oggetto rispetto a quella di un corpo nero. Un valore compreso tra 0 e 1.
emittanza	La quantità di energia emessa da un oggetto per unità di tempo e area (W/m^2).
emittanza spettrale	Quantità di energia emessa da un oggetto per unità di tempo, area e lunghezza d'onda ($W/m^2/\mu m$).
filtro spettrale	Un materiale trasparente solo ad alcune lunghezze d'onda a infrarossi.
FOV	apertura angolare: l'angolo orizzontale che è possibile osservare attraverso un obiettivo IR.
FPA	Acronimo di Focal Plane Array: un tipo di rilevatore IR.
IFOV	Acronimo di Instantaneous Field Of View: unità di misura della risoluzione geometrica di una termocamera.
infrarosso	Radiazione non visibile, con una lunghezza d'onda compresa approssimativamente tra 2 e 13 µm.
intervallo	Il limite di misurazione della temperatura complessiva corrente di una termocamera a infrarossi. Le termocamere possono avere vari intervalli. Espresso come due temperature di corpo nero che limitano la calibrazione corrente.
intervallo di temperatura	Il limite di misurazione della temperatura complessiva corrente di una termocamera a infrarossi. Le termocamere possono avere vari intervalli. Espresso come due temperature di corpo nero che limitano la calibrazione corrente.
IR	infrarosso
isoterma	Una funzione che evidenzia le parti di un'immagine la cui temperatura è superiore, inferiore o compresa in uno o più intervalli di temperatura.
isoterma trasparente	Un'isoterma che mostra una distribuzione lineare dei colori invece di coprire le parti evidenziate dell'immagine.
Laser LocatIR	Una fonte di luce alimentata elettricamente che emette radiazione laser in un sottile raggio concentrato per puntare su certe parti di un soggetto posto davanti alla termocamera.
livello	Il valore centrale della scala di temperatura, in genere espresso come valore di segnale.
NETD	Acronimo di Noise Equivalent Temperature Difference: unità di misura del livello di rumore delle immagini di una termocamera.

Termine o espressione	Descrizione
ottiche esterne	Protezioni termiche, obiettivi e filtri aggiuntivi che possono essere frapposti tra la termocamera e l'oggetto sottoposto a misurazione.
palette auto	L'immagine termica viene visualizzata con una distribuzione non uniforme dei colori, mostrando contemporaneamente sia gli oggetti freddi che quelli caldi.
parametri oggetto	Un gruppo di valori che descrive le circostanze in cui è stata eseguita la misurazione di un oggetto e l'oggetto stesso, quali emissività, temperatura apparente riflessa, distanza, ecc.
pixel	Abbreviazione di *picture element*: singolo punto di un'immagine.
potenza radiante	La quantità di energia emessa da un oggetto per unità di tempo (W).
puntatore laser	Una fonte di luce alimentata elettricamente che emette radiazione laser in un sottile raggio concentrato per puntare su certe parti di un soggetto posto davanti alla termocamera.
radianza	La quantità di energia emessa da un oggetto per unità di tempo, area e angolo ($W/m^2/sr$).
radiatore	Un dispositivo radiante IR.
radiatore a cavità	Un radiatore a forma di bottiglia con un interno assorbente, osservato attraverso il collo di bottiglia.
radiazione	Il processo mediante il quale un oggetto o un gas emette energia elettromagnetica.
regolazione automatica	Una funzione che consente a una termocamera di eseguire una correzione interna dell'immagine.
regolazione continua	Una funzione che consente di regolare l'immagine. È sempre attiva e regola continuamente la luminosità e il contrasto in base al contenuto dell'immagine.
regolazione manuale	Un metodo per regolare l'immagine cambiando manualmente alcuni parametri.
riflettività	La quantità di radiazione riflessa da un oggetto rispetto alla radiazione ricevuta. Un valore compreso tra 0 e 1.
rumore	Piccoli disturbi indesiderati nell'immagine termica.
scala di temperatura	Il modo in cui viene visualizzata un'immagine termica. Viene espressa con due valori di temperatura che limitano i colori.
segnale di oggetto	Un valore non calibrato relativo alla quantità di radiazione che la termocamera riceve dall'oggetto.

Termine o espressione	Descrizione
tavolozza	L'insieme dei colori utilizzati per visualizzare un'immagine termica.
temperatura di colore	La temperatura per cui il colore di un corpo nero corrisponde a un colore specifico.
temperatura di riferimento	Una temperatura con cui possono essere confrontati i valori misurati ordinari.
termogramma	immagine a infrarossi (o termica)
trasmissione (o trasmittanza) fattore	I gas e i materiali possono essere più o meno trasparenti. La trasmissione è la quantità di radiazione IR che li attraversa. Un valore compreso tra 0 e 1.
trasmissione atmosferica calcolata	Un valore di trasmissione calcolato sulla base della temperatura, dell'umidità relativa dell'aria e della distanza dall'oggetto.
trasmissione atmosferica stimata	Un valore di trasmissione, fornito da un utente, che ne sostituisce uno calcolato.
umidità relativa	L'umidità relativa rappresenta il rapporto tra la massa corrente del vapore acqueo nell'aria e quella massima che può contenere in condizioni di saturazione.
visibile	Indica la modalità video di una termocamera, in contrapposizione alla normale modalità termografica. Quando una termocamera è in modalità visibile, cattura le normali immagini video, mentre le immagini termografiche vengono catturate quando la termocamera è in modalità IR.

29 Tecniche di misurazione termografica

29.1 Introduzione

La termocamera consente di misurare e rappresentare la radiazione infrarossa emessa da un oggetto. La radiazione è una funzione della temperatura della superficie di un oggetto e la termocamera è in grado di calcolare e visualizzare tale temperatura.

Tuttavia, la radiazione rilevata dalla termocamera non dipende soltanto dalla temperatura dell'oggetto, ma è anche una funzione dell'emissività. La radiazione ha origine anche nelle zone circostanti l'oggetto e viene riflessa sull'oggetto stesso. La radiazione emessa dall'oggetto e quella riflessa variano anche in base all'assorbimento atmosferico.

Per rilevare la temperatura con precisione, è opportuno ovviare agli effetti provocati dalla presenza di diverse sorgenti di radiazione. Questa procedura viene eseguita automaticamente in tempo reale dalla termocamera. Tuttavia, è necessario che la termocamera disponga dei seguenti parametri che si riferiscono agli oggetti.

- L'emissività dell'oggetto
- Temperatura apparente riflessa
- La distanza tra l'oggetto e la termocamera
- L'umidità relativa
- Temperatura dell'atmosfera

29.2 Emissività

Poiché l'emissività è il parametro più importante dell'oggetto, è necessario che venga impostato correttamente. In breve, l'emissività è una misura che si riferisce alla quantità di radiazione termica emessa da un oggetto, comparata a quella emessa da un corpo nero perfetto della stessa temperatura.

Generalmente, i materiali di cui sono composti gli oggetti e i trattamenti effettuati sulle superfici presentano emissività comprese tra 0,1 e 0,95. Una superficie particolarmente lucida, ad esempio uno specchio, presenta un valore inferiore a 0,1, mentre una superficie ossidata o verniciata ha un livello di emissività superiore. Una vernice a base di olio ha un'emissività superiore a 0,9 nello spettro infrarosso, indipendentemente dal suo colore nello spettro visivo. La pelle umana è caratterizzata da un livello di emissività compreso fra 0,97 e 0,98.

I metalli non ossidati rappresentano un caso estremo di opacità perfetta e di elevata riflessività, la quale non subisce variazioni rilevanti al variare della lunghezza d'onda. Di conseguenza, l'emissività dei metalli è bassa: aumenta infatti solo con la temperatura. Per i non metalli, l'emissività tende a essere elevata e a diminuire con la temperatura.

29.2.1 Come stabilire l'emissività di un campione

29.2.1.1 Passaggio 1: determinazione della temperatura apparente riflessa

Utilizzare uno dei due metodi seguenti per determinare la temperatura apparente riflessa:

29.2.1.1.1 Metodo 1: metodo diretto

1	Individuare possibili fonti di riflettività, tenendo in considerazione che l'angolo di incidenza = angolo di riflessione (a = b).

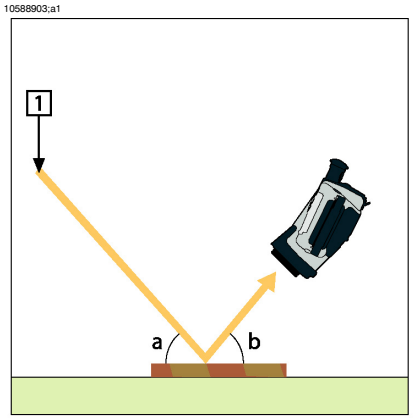


Figura 29.1 1 = Fonte di riflettività

2 Se la fonte di riflettività è una fonte puntiforme, modificare la fonte coprendola con un pezzo di cartone.

10589103;a2

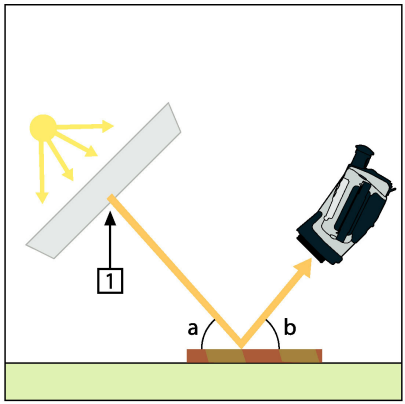


Figura 29.2 1 = Fonte di riflettività

3 Misurare l'intensità di radiazione (uguale alla temperatura apparente) della sorgente di riflettività adottando le seguenti impostazioni:

- Emissività: 1.0
- D_{obj}: 0

È possibile misurare l'intensità di radiazione adottando uno dei due metodi seguenti:

10589003;a2

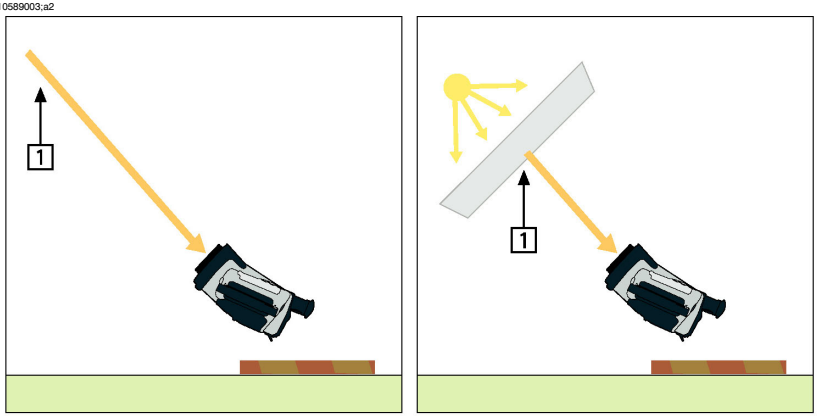


Figura 29.3 1 = Fonte di riflettività

Nota: l'utilizzo di una termocoppia per la misurazione della temperatura apparente riflessa è sconsigliato per due importanti motivi:

- una termocoppia non misura l'intensità di radiazione

- una termocoppia necessita di un eccellente contatto termico con la superficie, ottenuto solitamente incollando e ricoprendo il sensore con un isolatore termico.

29.2.1.1.2 Metodo 2: metodo del riflettore

1	Stropicciare un grosso pezzo di foglio d'alluminio.
2	Distenderlo e attaccarlo a un pezzo di cartone delle stesse dimensioni.
3	Posizionare il pezzo di cartone di fronte all'oggetto da sottoporre a misurazione. Verificare che il lato rivestito di foglio d'alluminio sia rivolto verso la termocamera.
4	Impostare l'emissività su 1,0.
5	Misurare la temperatura apparente del foglio d'alluminio e prendere nota del valore.

10727003;a2

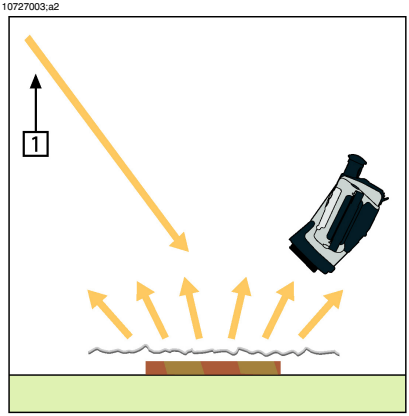


Figura 29.4 Misurazione della temperatura apparente del foglio d'alluminio

29.2.1.2 Passaggio 2: determinazione dell'emissività

1	Selezionare un luogo per posizionare il campione.
2	Determinare e impostare la temperatura apparente riflessa secondo la procedura indicata in precedenza.
3	Posizionare sul campione un pezzo di nastro elettrico con un'accertata emissività elevata.
4	Riscaldare il campione ad almeno 20 K oltre la temperatura ambiente. Il processo di riscaldamento deve essere abbastanza regolare.
5	Mettere a fuoco e regolare automaticamente la termocamera, quindi congelare l'immagine.
6	Regolare il **livello** e il **campo** per una luminosità e un contrasto dell'immagine migliori.
7	Impostare l'emissività come quella del nastro (solitamente 0,97).

8	Misurare la temperatura del nastro utilizzando una delle seguenti funzioni di misurazione: ▪ **Isoterma** (consente di determinare sia la temperatura sia la regolarità di riscaldamento del campione) ▪ **Spot** (più semplice) ▪ **Riquadro (medio)** (adatto a superfici con emissività variabile).
9	Prendere nota della temperatura.
10	Spostare la funzione di misurazione sulla superficie del campione.
11	Modificare l'impostazione dell'emissività finché non si legge la stessa temperatura della misurazione precedente.
12	Prendere nota dell'emissività.

Nota:

- Evitare la convezione forzata.
- Cercare un ambiente termicamente stabile che non generi riflettività puntiforme.
- Utilizzare un nastro di alta qualità, non trasparente e di emissività elevata accertata.
- Con questo metodo, si presuppone che la temperatura del nastro e della superficie del campione siano uguali. In caso contrario, la misurazione dell'emissività risulterebbe errata.

29.3 Temperatura apparente riflessa

Questo parametro viene utilizzato per bilanciare la radiazione riflessa nell'oggetto. Se l'emissività è bassa e la temperatura dell'oggetto sensibilmente diversa da quella riflessa, risulta particolarmente importante impostare e bilanciare correttamente la temperatura apparente riflessa.

29.4 Distanza

Per distanza si intende la distanza esistente tra l'oggetto e l'obiettivo della termocamera. Questo parametro viene utilizzato per ovviare alle due condizioni seguenti:

- La radiazione del soggetto viene assorbita dall'atmosfera compresa fra l'oggetto e la termocamera.
- La termocamera rileva la radiazione dell'atmosfera stessa.

29.5 Umidità relativa

La termocamera consente anche di ovviare al fatto che la trasmittanza dipende in una certa misura dall'umidità relativa dell'atmosfera. Pertanto, è necessario impostare l'umidità relativa sul valore corretto. Per brevi distanze e un'umidità normale, è in genere possibile utilizzare il valore predefinito dell'umidità relativa pari al 50%.

29.6 Altri parametri

Alcune termocamere e programmi di analisi di FLIR Systems consentono anche di effettuare compensazioni per i seguenti parametri:

- Temperatura atmosferica, *cioè* la temperatura dell'atmosfera tra la termocamera e l'oggetto.
- Temperatura ottiche esterne, *cioè* la temperatura di obiettivi esterni o finestre utilizzati nella parte anteriore della termocamera.
- Trasmittanza ottiche esterne, *–ovvero* la trasmissione di obiettivi esterni o finestre utilizzati nella parte anteriore della termocamera

30 Storia della tecnologia a infrarossi

Fino a 200 anni fa circa, non si sospettava neanche l'esistenza della porzione a infrarossi dello spettro elettromagnetico. Il significato originale dello spettro infrarosso o, come spesso viene chiamato, semplicemente "infrarosso", come forma di irradiazione di calore è forse meno ovvio oggi di quanto non lo fosse ai tempi in cui è stato scoperto da Herschel, nel 1800.

10398703;a1

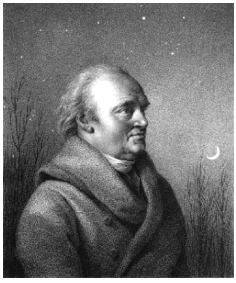


Figura 30.1 Sir William Herschel (1738–1822)

La scoperta avvenne accidentalmente durante la ricerca di un nuovo materiale ottico. Sir William Herschel, astronomo reale del re Giorgio III d'Inghilterra e già famoso per aver scoperto il pianeta Urano, era alla ricerca di un filtro ottico in grado di ridurre la luminosità dell'immagine del sole nei telescopi durante le osservazioni. Mentre provava diversi campioni di vetro colorato che fornivano analoghe riduzioni di luminosità, fu attratto dalla constatazione che alcuni di questi campioni filtravano quantità ridotte del calore del sole, mentre altri ne filtravano così tanto che egli rischiò di ferirsi gli occhi dopo solo pochi secondi di osservazione.

Herschel si convinse presto della necessità di condurre un esperimento sistematico, con l'obiettivo di individuare un unico materiale in grado di ridurre la luminosità ai valori desiderati e allo stesso tempo di ridurre al massimo il calore. All'inizio, i suoi esperimenti si basarono sull'esperimento del prisma condotto da Newton, ma furono rivolti più all'effetto termico che alla distribuzione visiva dell'intensità nello spettro. Herschel annerì con inchiostro il bulbo di un termometro sensibile contenente mercurio e lo utilizzò come rilevatore di radiazioni per studiare l'effetto termico dei vari colori dello spettro, definiti in base a una tabella, mediante il passaggio di luce solare attraverso un prisma di vetro. Altri termometri, collocati al riparo dai raggi del sole, servivano da elementi di controllo.

Man mano che il termometro annerito veniva spostato lentamente lungo i colori dello spettro, i valori della temperatura mostravano un aumento costante passando dal violetto al rosso. Il risultato non era del tutto imprevisto, considerato che il ricercatore italiano Landriani aveva osservato lo stesso effetto in un esperimento analogo condotto nel 1777. Fu Herschel, tuttavia, il primo a riconoscere l'esistenza di un punto in cui l'effetto termico raggiunge un massimo e che le misurazioni limitate alla porzione visibile dello spettro non erano in grado di individuare questo punto.

10398903;a1

Figura 30.2 Marsilio Landriani (1746–1815)

Spostando il termometro nella regione scura, oltre l'estremità rossa dello spettro, Herschel ebbe la conferma che il calore continuava ad aumentare. Il punto massimo venne individuato da Herschel ben oltre l'estremità rossa, in quelle che oggi chiamiamo le “lunghezze d'onda degli infrarossi”.

Quando Herschel compì la sua scoperta, denominò questa nuova porzione dello spettro elettromagnetico “spettro termometrico”,. Definì la radiazione stessa a volte come “calore nero”, a volte semplicemente come “raggi invisibili”. Paradossalmente, e contrariamente a quanto si pensa, non fu Herschel a introdurre il termine “infrarosso”. La parola cominciò a comparire nei testi circa 75 anni più tardi e non è stato ancora chiarito a chi attribuirne la paternità.

L'uso del vetro nel prisma fatto da Herschel nel suo primo esperimento originale sollevò alcune dispute tra i suoi contemporanei sull'esistenza effettiva delle lunghezze d'onda degli infrarossi. Diversi ricercatori, nel tentativo di confermare i risultati del suo lavoro, utilizzarono indiscriminatamente vari tipi di vetro, ottenendo trasparenze diverse nell'infrarosso. Nei suoi esperimenti successivi, Herschel si rese conto della trasparenza limitata del vetro rispetto alla radiazione termica recentemente scoperta e fu costretto a concludere che l'ottica per l'infrarosso era probabilmente determinata esclusivamente dall'uso di elementi riflessivi, quali specchi piani o curvati. Fortunatamente, ciò si dimostrò vero solo fino al 1830, quando il ricercatore italiano Melloni fece una scoperta molto importante: il salgemma presente in natura (NaCl), contenuto nei cristalli naturali sufficientemente grandi per produrre lenti e prismi, è notevolmente

trasparente all'infrarosso. Il risultato fu che il salgemma divenne il principale materiale ottico infrarosso nei successivi cento anni, fino a quando non si perfezionò la produzione di cristalli sintetici negli anni '30 del XX secolo.

10399103;a1

Figura 30.3 Macedonio Melloni (1798–1854)

I termometri utilizzati come rilevatori di radiazioni rimasero immutati fino al 1829, anno in cui Nobili inventò la termocoppia. (Il termometro di Herschel poteva segnare fino a 0,2 °C di temperatura, i modelli successivi fino a 0,05 °C). Grazie a Melloni, che collegò una serie di termocoppie in sequenza per formare la prima termopila, si realizzò una svolta decisiva. Il nuovo dispositivo era almeno 40 volte più sensibile del miglior termometro disponibile allora per il rilevamento dell'irradiazione di calore, in grado di rilevare il calore di una persona a tre metri di distanza.

La prima cosiddetta “immagine del calore” fu possibile nel 1840, frutto del lavoro di Sir John Herschel, figlio dello scopritore dell'infrarosso e già famoso astronomo. In base all'evaporazione differenziale di una sottile pellicola di olio esposta a un modello termico, l'immagine termica poteva essere visualizzata dalla luce riflessa, laddove l'interferenza della pellicola di olio rendeva l'immagine visibile all'occhio umano. Sir John riuscì inoltre a ottenere un primitivo risultato di immagine termica su carta, che denominò “termografia”.

10399003;a2

Figura 30.4 Samuel P. Langley (1834–1906)

Il perfezionamento della sensibilità del rilevatore di raggi infrarossi proseguì lentamente. Un'altra scoperta importante, il cui autore fu Langley nel 1880, fu l'invenzione del bolometro. Questo strumento era costituito da una sottile striscia annerita di platino collegata a un ramo di un circuito a ponte Wheatstone, esposta alle radiazioni dei raggi infrarossi e collegata a un galvanometro sensibile. Allo strumento era stata attribuita la capacità di rilevare il calore di una mucca a una distanza di 400 metri.

Lo scienziato inglese Sir James Dewar fu il primo a introdurre l'uso di gas liquefatti come agenti di raffreddamento, come l'azoto liquido a una temperatura di -196 °C nella ricerca sulle basse temperature. Nel 1892 inventò un contenitore a chiusura ermetica in cui era possibile conservare gas liquefatti per giorni interi. Il comune “thermos”, utilizzato per conservare bevande calde o fredde, si basa su questa invenzione.

Tra il 1900 e il 1920, venne “scoperto” l'infrarosso. Furono concessi molti brevetti per dispositivi in grado di rilevare individui, artiglieria, velivoli, navi e perfino iceberg. Il primo sistema operativo, nel senso moderno, venne sviluppato durante la prima guerra mondiale, quando entrambe le parti in conflitto conducevano programmi di ricerca dedicati allo sfruttamento militare dell'infrarosso. Questi programmi includevano sistemi sperimentali per il rilevamento di intrusioni nemiche, il rilevamento della temperatura di oggetti lontani, le comunicazioni sicure e la guida dei “missili guidati”. Un sistema di ricerca a infrarossi collaudato durante questo periodo era in grado di rilevare un velivolo in avvicinamento a una distanza di 1,5 km o una persona a più di 300 metri.

In questo periodo, i sistemi più sensibili furono tutti basati su variazioni dell'idea di bolometro, ma fu nel periodo tra le due guerre che si assistette allo sviluppo di due nuovi rilevatori di raggi infrarossi rivoluzionari: il convertitore di immagini e il rilevatore di fotoni. All'inizio, il convertitore di immagini ricevette un'estrema attenzione da parte del settore militare, perché consentì per la prima volta nella storia, letteralmente, di “vedere nel buio”. Tuttavia, la sensibilità del convertitore di immagini era limitata alle

lunghezze d'onda degli infrarossi vicini e gli obiettivi militari più interessanti, i soldati nemici, dovevano essere illuminati da raggi di ricerca a infrarossi. Considerato che ciò comportava il rischio di annullare il vantaggio dell'osservatore perché il nemico poteva essere analogamente equipaggiato, è comprensibile che l'interesse militare per il convertitore di immagini alla fine diminuì.

Gli svantaggi militari tattici dei cosiddetti sistemi di imaging termico “attivi”, vale a dire attrezzati con raggi di ricerca, fornirono l'occasione dopo la seconda guerra mondiale per ulteriori ricerche sugli infrarossi coperte da segreto militare, mirati allo sviluppo di sistemi “passivi”, privi di raggi di ricerca, basati sul rilevatore di fotoni particolarmente sensibile. Durante questo periodo, i regolamenti sul segreto militare impedirono la diffusione della tecnologia di imaging a infrarossi. Solo alla metà degli anni '50 il segreto fu rimosso e i dispositivi di imaging termico cominciarono ad essere disponibili per la scienza e l'industria civili.

31 Teoria della termografia

31.1 Introduzione

Gli argomenti riguardanti le radiazioni infrarosse e la relativa tecnica termografica sono spesso poco noti a molti utilizzatori di termocamere a infrarossi. In questa sezione viene fornita una descrizione della teoria che sottende il concetto di termografia.

31.2 Lo spettro elettromagnetico

Lo spettro elettromagnetico è suddiviso arbitrariamente in un certo numero di regioni classificate in base alla lunghezza d'onda e denominate *bande*, distinte a seconda dei metodi utilizzati per emettere e rilevare le radiazioni. Non esiste alcuna differenza sostanziale tra le radiazioni presenti nelle diverse bande dello spettro elettromagnetico: tutte sono governate dalle stesse leggi e le sole differenze sono quelle determinate dalle diverse lunghezze d'onda.

10067803;a1

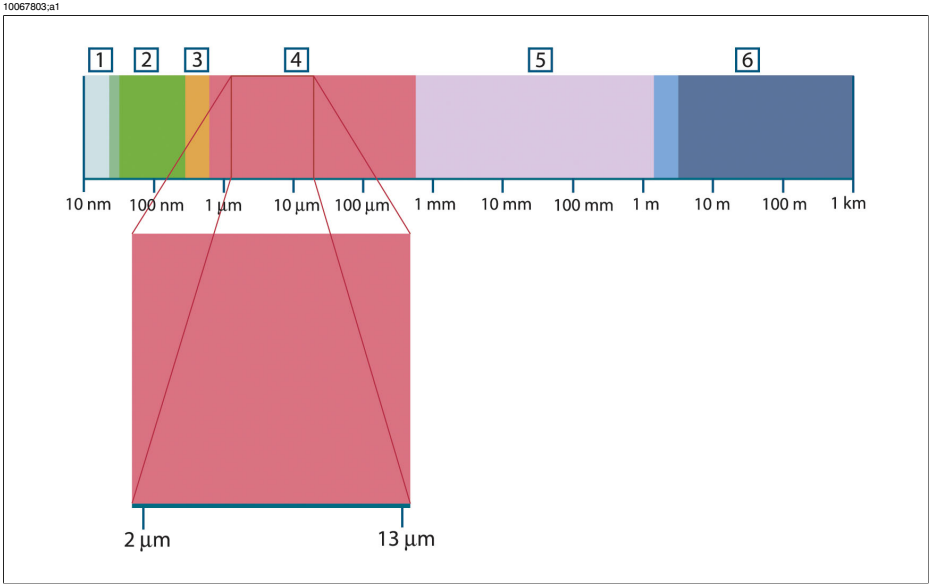


Figura 31.1 Lo spettro elettromagnetico. **1:** raggi X; **2:** ultravioletto; **3:** luce visibile; **4:** infrarosso; **5:** microonde; **6:** onde radio.

La termografia utilizza la banda spettrale dell'infrarosso. Il confine delle onde corte è situato al limite della percezione visiva, nella parte rossa dello spettro. Il confine delle onde lunghe si fonde con la lunghezza d'onda delle microonde radio, nell'intervallo delle onde millimetriche.

La banda dell'infrarosso è spesso ulteriormente suddivisa in quattro bande più piccole, i cui confini vengono anch'essi scelti in modo arbitrario. Le bande comprendono: *infrarosso vicino* (0,75–3 µm), *infrarosso medio* (3–6 µm), *infrarosso lontano* (6–15 µm) e *infrarosso estremo* (15–100 µm). Anche se le lunghezze d'onda sono espresse in µm (micrometri), per misurare la lunghezza d'onda in questa regione dello spettro è spesso possibile utilizzare anche altre unità di misura, *ad esempio* nanometri (nm) e Ångström (Å).

Il rapporto tra le diverse unità di misura della lunghezza d'onda è:

$$10\ 000\ \text{Å} = 1\ 000\ \text{nm} = 1\ \mu = 1\ \mu\text{m}$$

31.3 Radiazione del corpo nero

Per corpo nero si intende un oggetto che assorbe tutte le radiazioni che lo colpiscono a una lunghezza d'onda qualsiasi. L'utilizzo dell'apparente termine improprio *nero* riferito a un oggetto che emette radiazioni, è spiegato dalla legge di Kirchhoff (*Gustav Robert Kirchhoff*, 1824–1887), la quale afferma che un corpo in grado di assorbire tutte le radiazioni a una lunghezza d'onda qualsiasi è ugualmente in grado di emettere radiazioni.

10398803;a1

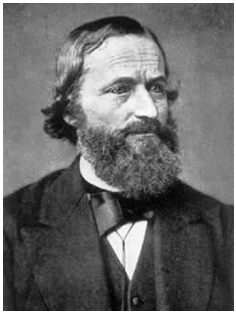


Figura 31.2 Gustav Robert Kirchhoff (1824–1887)

La costruzione della sorgente di un corpo nero è, in linea di massima, molto semplice. Le caratteristiche delle radiazioni dell'apertura di una cavità isotermica costituita da un materiale opaco assorbente, rappresentano quasi esattamente le proprietà di un corpo nero. Un'applicazione pratica del principio per la costruzione di un perfetto assorbitore di radiazioni, è rappresentata da una scatola nascosta alla luce a eccezione di un'apertura su uno dei lati. Qualsiasi tipo di radiazione entri successivamente all'interno del foro viene diffuso e assorbito da ripetute riflessioni, in modo che solo una frazione infinitesimale possa sfuggire. L'oscurità ottenuta in corrispondenza dell'apertura è quasi simile a un corpo nero e pressoché perfetta per tutte le lunghezze d'onda.

Se la cavità isotermica viene riscaldata adeguatamente, questa diventa ciò che si definisce un *radiatore a cavità*. Una cavità isotermica riscaldata a una temperatura uniforme genera la radiazione di un corpo nero, le cui caratteristiche vengono stabilite unicamente in base alla temperatura della cavità. Tali radiatori di cavità vengono comunemente usati in laboratorio come sorgenti di radiazione negli standard di riferimento della temperatura per la calibrazione di strumenti termografici, quali ad esempio le termocamere FLIR Systems.

Se la temperatura della radiazione del corpo nero aumenta raggiungendo un valore superiore a 525°C, la sorgente comincia a diventare visibile in modo da non apparire più nera all'occhio umano. Questo rappresenta la temperatura del radiatore che inizialmente è rossa e successivamente diventa arancione o gialla quando aumenta ulteriormente. Infatti, per *temperatura di colore* di un oggetto si intende la temperatura che un corpo nero dovrebbe raggiungere per avere lo stesso aspetto.

Si considerino ora tre espressioni che descrivono la radiazione emessa da un corpo nero.

31.3.1 La legge di Planck

10399203;a1

Figura 31.3 Max Planck (1858–1947)

Max Planck (1858–1947) fu in grado di descrivere la distribuzione spettrale della radiazione emessa da un corpo nero mediante la formula seguente:

$$W_{\lambda b} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 \left(e^{hc/\lambda kT} - 1\right)} \times 10^{-6} [Watt / m^2, \mu m]$$

dove:

$W_{\lambda b}$	Emittanza energetica spettrale del corpo nero alla lunghezza d'onda λ.

c	Velocità della luce = 3×10^8 m/s
h	Costante di Planck = $6{,}6 \times 10^{-34}$ Joule sec.
k	Costante di Boltzmann = $1{,}4 \times 10^{-23}$ Joule/K.
T	Temperatura assoluta (K) di un corpo nero.
λ	Lunghezza d'onda (µm).

➲ Il fattore 10^{-6} viene utilizzato poiché l'emittanza spettrale sulle curve è espressa in Watt/m^2, µm.

La formula di Planck, se rappresentata graficamente per le diverse temperature, genera una famiglia di curve. Seguendo una qualsiasi curva di Planck, l'emittanza spettrale è zero per $\lambda = 0$, successivamente aumenta rapidamente fino a raggiungere il massimo in corrispondenza della lunghezza d'onda λ_{max} e, dopo averla raggiunta, si avvicina nuovamente a zero per lunghezze d'onda elevate. Maggiore è la temperatura, minore è la lunghezza d'onda alla quale si raggiunge il massimo.

10327103;a4

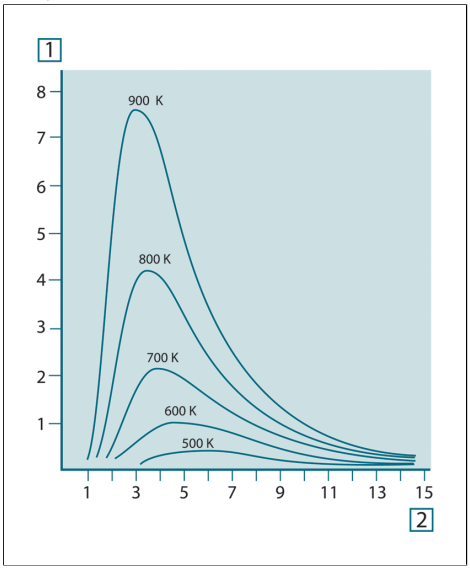


Figura 31.4 Emittanza energetica spettrale di un corpo nero, secondo la legge di Planck, rappresentata graficamente per diverse temperature assolute. **1:**Emittanza energetica spettrale (W/$cm^2 \times 10^3$(µm)); **2:** Lunghezza d'onda (µm)

31.3.2 La legge di spostamento di Wien

Differenziandosi dalla formula di Planck relativamente a λ, e trovando il massimo, si ottiene:

$$\lambda_{\max} = \frac{2898}{T}[\mu m]$$

La formula di Wien (*Wilhelm Wien*, 1864-1928) descritta precedentemente rappresenta matematicamente l'osservazione comune in base alla quale i colori variano dal rosso all'arancione o al giallo con l'aumentare della temperatura di un radiatore termico. La lunghezza d'onda del colore è la stessa lunghezza calcolata per λ_{max}. Una buona approssimazione del valore di λ_{max} per una data temperatura del corpo nero si ottiene applicando la regola empirica 3 000/T µm. Per questo, una stella molto calda come Sirio (11.000 K), che emette una luce bianca tendente al blu, irradia con il picco di emittanza energetica spettrale che si sviluppa all'interno dello spettro invisibile dell'ultravioletto, alla lunghezza d'onda di 0,27 µm.

10399403;a1

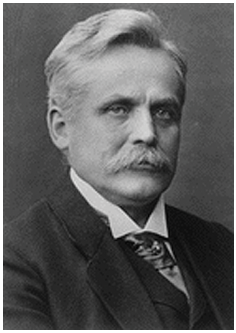


Figura 31.5 Wilhelm Wien (1864–1928)

Il sole (circa 6.000 °K) emette luce gialla, raggiungendo il picco a circa 0,5 µm nella parte centrale dello spettro di luce visibile.

A temperatura ambiente (300 °K), il picco di emittanza spettrale si trova a 9,7 µm, negli infrarossi lontani, mentre alla temperatura dell'azoto liquido (77 °K) il massimo della quantità di emittanza spettrale, peraltro pressoché insignificante, si raggiunge a 38 µm, nelle lunghezze d'onda degli infrarossi estremi.

10327203;a4

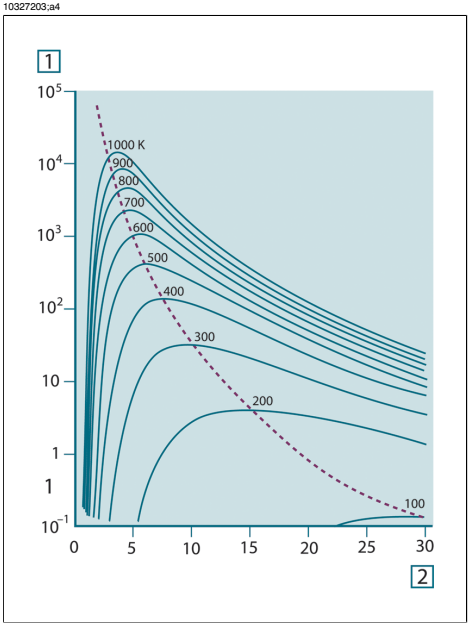


Figura 31.6 Curve di Planck rappresentate graficamente su scale semilogaritmiche da 100 °K a 1000 °K. La linea tratteggiata rappresenta il punto di massima emittanza spettrale per ogni valore di temperatura, come descritto dalla legge di Wien. **1:** Emittanza energetica spettrale (W/cm^2 (µm)); **2:** Lunghezza d'onda (µm).

31.3.3 Legge di Stefan-Boltzmann

Integrando la formula di Planck da $\lambda = 0$ a $\lambda = \infty$, è possibile ottenere l'emittanza radiante totale (W_b) di un corpo nero:

$$W_b = \sigma T^4 \ [\mathrm{Watt/m^2}]$$

La formula di Stefan-Boltzmann (*Josef Stefan*, 1835–1893, e *Ludwig Boltzmann*, 1844–1906) descritta precedentemente afferma che la quantità totale di energia emessa da un corpo nero è proporzionale alla temperatura assoluta elevata alla quarta potenza. Graficamente, W_b rappresenta l'area al di sotto della curva di Planck relativa a una data temperatura. È possibile dimostrare che l'emittanza radiante compresa nell'intervallo da $\lambda = 0$ a λ_{max} è solo il 25% del totale, il che rappresenta quasi la quantità della radiazione solare presente nello spettro di luce visibile.

10399303;a1

Figura 31.7 Josef Stefan (1835–1893) e Ludwig Boltzmann (1844–1906)

Se si utilizza la formula di Stefan-Boltzmann per calcolare l'energia irradiata dal corpo umano, a una temperatura di 300 K e una superficie esterna di circa 2 m^2, è possibile ottenere 1 kW. Questa perdita di energia non potrebbe essere sostenuta se non esistesse l'assorbimento di compensazione della radiazione dalle superfici circostanti, a temperature ambiente che non variano troppo drasticamente rispetto alla temperatura corporea, oppure, naturalmente, dall'aggiunta di indumenti.

31.3.4 Emettitori diversi dai corpi neri

Finora sono stati descritti solo i radiatori di corpo nero e la radiazione emessa da un corpo nero. Tuttavia, su una regione di lunghezza d'onda estesa, gli oggetti reali non rispettano quasi mai le leggi sopra illustrate – anche se tali oggetti, in taluni intervalli spettrali, potrebbero comportarsi come un corpo nero. Ad esempio, un dato tipo di vernice bianca può apparire perfettamente *bianca* nello spettro di luce visibile, ma diventa distintamente *grigia* a circa 2 µm, mentre oltre i 3 µm è pressoché *nera*.

Tre sono i processi che possono verificarsi e che impediscono a un oggetto reale di comportarsi come un corpo nero: una frazione della radiazione incidente α può essere assorbita, una frazione ρ può essere riflessa, mentre un'altra τ può essere trasmessa. Poiché tali fattori dipendono più o meno dalla lunghezza d'onda, l'indice λ viene utilizzato per stabilire la dipendenza spettrale delle loro definizioni. Pertanto:

- Assorbimento spettrale α_λ= rapporto tra il flusso radiante spettrale assorbito da un oggetto e quello incidente;
- Riflessione spettrale ρ_λ= il rapporto tra il flusso radiante spettrale riflesso da un oggetto e quello incidente;
- Trasmissione spettrale τ_λ= il rapporto tra il flusso radiante spettrale trasmesso da un oggetto e quello incidente;

La somma di questi tre fattori va sempre aggiunta al totale a qualsiasi lunghezza d'onda, in modo da ottenere la seguente relazione:

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda + \tau_\lambda = 1$$

Per i materiali opachi $\tau_\lambda = 0$, quindi la relazione si semplifica in:

$$\alpha_\lambda + \rho_\lambda = 1$$

Un altro fattore, denominato emissività, è necessario per descrivere la frazione ε dell'emittanza radiante di un corpo nero prodotta da un oggetto a una data temperatura. Si ottiene quindi la definizione seguente:

L'emissività spettrale ε_λ= il rapporto tra il flusso energetico spettrale emesso da un oggetto e quello emesso da un corpo nero alla stessa temperatura e lunghezza d'onda.

Il rapporto tra l'emittanza spettrale di un oggetto e quella di un corpo nero può essere descritto mediante la seguente formula matematica:

$$\varepsilon_\lambda = \frac{W_{\lambda o}}{W_{\lambda b}}$$

In generale, esistono tre tipi di sorgenti di radiazione, distinti in base alle modalità in cui l'emittanza spettrale di ciascuno varia con il variare della lunghezza d'onda.

- Un corpo nero, per cui $\varepsilon_\lambda = \varepsilon = 1$
- Un corpo grigio, per cui $\varepsilon_\lambda = \varepsilon$ = costante inferiore a 1
- Un radiatore selettivo per cui ε varia in base alla lunghezza d'onda

In base alla legge di Kirchhoff, per qualsiasi materiale, l'emissività e l'assorbimento spettrali di un corpo sono uguali per qualsiasi temperatura e lunghezza d'onda specificate. In formula:

$$\varepsilon_\lambda = \alpha_\lambda$$

Da questo si ottiene, per un materiale opaco (poiché $\alpha_\lambda + \rho_\lambda = 1$):

$$\varepsilon_\lambda + \rho_\lambda = 1$$

Per i materiali particolarmente lucidi ε_λ tende a zero in modo che, per un materiale perfettamente riflettente (*ad esempio* uno specchio) si avrà:

$$\rho_\lambda = 1$$

Per il radiatore di un corpo grigio, la formula di Stefan-Boltzmann diventa:

$$W = \varepsilon \sigma T^4 \, [\mathrm{Watt/m^2}]$$

La formula dimostra che il potere emissivo totale di un corpo grigio è identico a quello di un corpo nero alla stessa temperatura ridotta in proporzione al valore di ε del corpo grigio.

10401203;a2

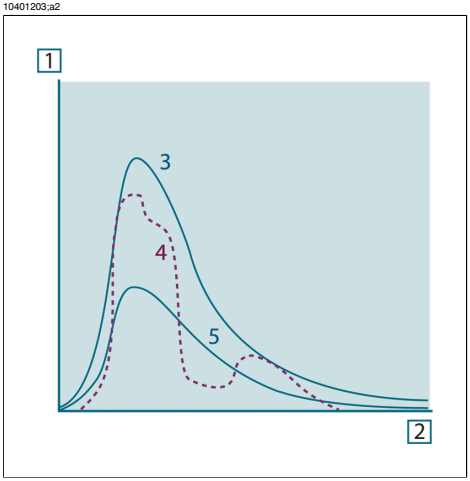


Figura 31.8 Emittanza energetica spettrale di tre tipi di radiatori. **1:** emittanza energetica spettrale; **2:** lunghezza d'onda; **3:** corpo nero; **4:** radiatore selettivo; **5:** corpo grigio.

10327303;a4

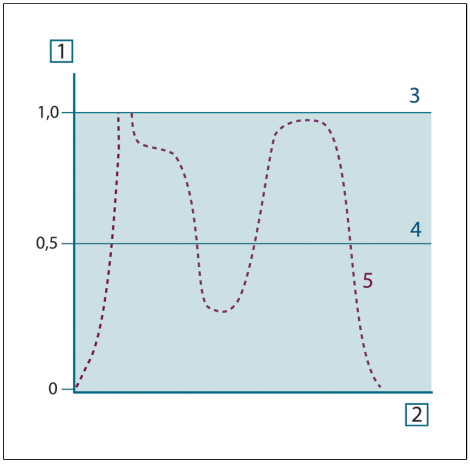


Figura 31.9 Emissività spettrale di tre tipi di radiatori. **1:** emissività spettrale; **2:** lunghezza d'onda; **3:** corpo nero; **4:** corpo grigio; **5:** radiatore selettivo.

31.4 Materiali semitrasparenti agli infrarossi

Si consideri ora un corpo non metallico semitrasparente, ad esempio una spessa lastra di materiale plastico. Quando la lastra viene riscaldata, la radiazione generata al suo interno si propaga attraverso il materiale fino a raggiungere le superfici in cui la radiazione viene parzialmente assorbita. Inoltre, quando la radiazione raggiunge la superficie, una parte di essa viene nuovamente riflessa verso l'interno e parzialmente assor-

bita, ma una parte di questa radiazione raggiunge l'altra superficie attraverso cui fuoriesce in gran parte, mentre un'altra sua parte viene nuovamente riflessa. Anche se le riflessioni progressive diventano sempre più deboli, è necessario sommarle quando si calcola l'emittanza totale della lastra. Quando viene eseguita la somma della serie geometrica ottenuta, l'emissività effettiva di una lastra semitrasparente è data da:

$$\varepsilon_\lambda = \frac{(1-\rho_\lambda)(1-\tau_\lambda)}{1-\rho_\lambda\tau_\lambda}$$

Quando la lastra diventa opaca questa formula viene così semplificata:

$$\varepsilon_\lambda = 1-\rho_\lambda$$

Quest'ultima relazione risulta particolarmente utile, poiché spesso è più semplice misurare direttamente la riflettanza piuttosto che l'emissività.

32 La formula di misurazione

Come illustrato in precedenza, quando è in azione, la termocamera riceve radiazioni anche da sorgenti diverse dall'oggetto sotto osservazione. Le radiazioni provengono inoltre dall'area circostante l'oggetto, riflessa tramite la superficie dell'oggetto stesso. Queste radiazioni vengono attenuate, in qualche misura, dall'atmosfera nel percorso di misurazione. A queste deve aggiungersi un terzo tipo proveniente dall'atmosfera stessa.

La descrizione della situazione di misurazione, come illustrata nella figura seguente, è sufficientemente fedele alle condizioni reali. È possibile che siano stati trascurati alcuni elementi, come la dispersione di luce solare nell'atmosfera o le radiazioni vaganti provenienti da sorgenti di radiazione intensa, esterne al campo visivo. Tali interferenze sono difficili da quantificare e comunque, nella maggior parte dei casi, sono talmente piccole da poter essere trascurate. Qualora non fossero così trascurabili, la configurazione della misurazione sarebbe probabilmente tale da causare rischi di interferenze, quanto meno all'occhio di un operatore esperto. È quindi responsabilità dell'operatore modificare la situazione di misurazione per evitare interferenze, modificando ad esempio la direzione di visualizzazione, schermando le sorgenti di radiazione intensa e così via.

In base a quanto chiarito, è possibile utilizzare la figura sotto riportata per ottenere una formula per il calcolo della temperatura di un oggetto in base al segnale di uscita della termocamera calibrata.

10400503;a1

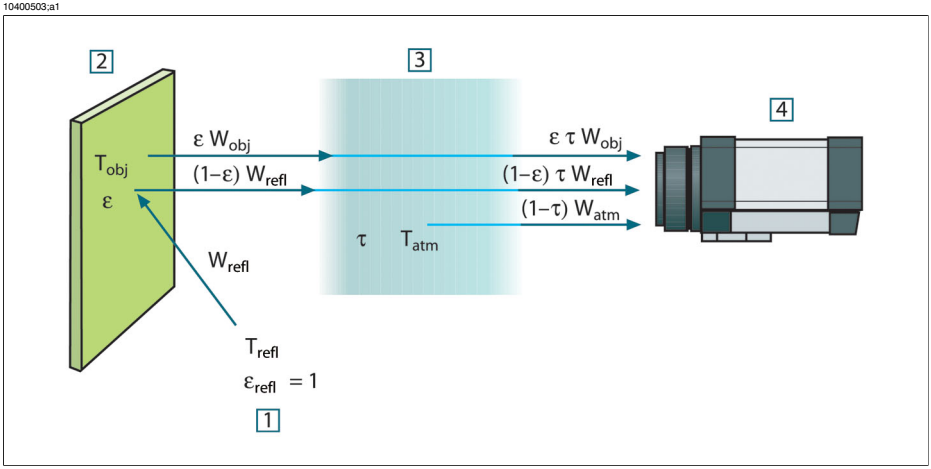


Figura 32.1 Una rappresentazione schematica della situazione di misurazione termografica generale.**1:** area circostante; **2:** oggetto; **3:** atmosfera; **4:** termocamera

Si supponga che l'energia irradiata ricevuta W dalla sorgente di un corpo nero di temperatura T_{source} su distanze corte generi un segnale di uscita della termocamera U_{source}, proporzionale all'energia in entrata (termocamera ad energia lineare). È quindi possibile scrivere (Equazione 1):

$$U_{source} = CW(T_{source})$$

o con notazione semplificata:

$$U_{source} = CW_{source}$$

dove C è una costante.

Se la sorgente è un corpo grigio con emittanza ε, la radiazione ricevuta sarà di conseguenza εW_{source}.

È ora possibile scrivere i tre termini dell'energia irradiata ricevuta:

1 – Emissione dall'oggetto = $\varepsilon\tau W_{obj}$, dove ε è l'emittanza dell'oggetto e τ è la trasmittanza dell'atmosfera. La temperatura dell'oggetto è T_{obj}.

2 – Emissione riflessa dalle sorgenti ambiente = $(1 - \varepsilon)\tau W_{refl}$, dove (1 – ε) è la riflettanza dell'oggetto. Le sorgenti ambiente hanno la temperatura T_{refl}.

Questo esempio suppone che la temperatura T_{refl} sia la stessa per tutte le superficie emittenti interne alla semisfera, viste da un punto sulla superficie dell'oggetto. Si tratta ovviamente di una semplificazione della situazione reale. Tuttavia, la semplificazione è necessaria per ottenere una formula operativa e T_{refl}, almeno teoricamente, è possibile assegnarle un valore che rappresenti una temperatura valida per un'area complessa.

Si noti inoltre che, per ipotesi, l'emittanza dell'area circostante l'oggetto è = 1, rispettando in tal modo la legge di Kirchhoff, secondo la quale tutte le radiazioni che urtano le superfici dell'area circostante un'oggetto verranno alla fine assorbite dalle superfici stesse. Quindi, l'emittanza è = 1. (Si noti tuttavia che l'ultimo punto suppone che si prenda in considerazione tutta la sfera intorno all'oggetto).

3 – Emissione dall'atmosfera = $(1 - \tau)\tau W_{atm}$, dove (1 – τ) è l'emittanza dell'atmosfera. La temperatura dell'atmosfera è T_{atm}.

È ora possibile scrivere l'energia irradiata totale ricevuta (Equazione 2):

$$W_{tot} = \varepsilon\tau W_{obj} + (1 - \varepsilon)\tau W_{refl} + (1 - \tau)W_{atm}$$

Moltiplicare ciascun termine per la costante C dell'Equazione 1 e sostituire i prodotti CW con il valore U corrispondente, in base alla medesima equazione, quindi ricavare (Equazione 3):

$$U_{tot} = \varepsilon\tau U_{obj} + (1-\varepsilon)\tau U_{refl} + (1-\tau)U_{atm}$$

Risolvere l'Equazione 3 per U_{obj} (Equazione 4):

$$U_{obj} = \frac{1}{\varepsilon\tau}U_{tot} - \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon}U_{refl} - \frac{1-\tau}{\varepsilon\tau}U_{atm}$$

Questa è la formula di misurazione generale utilizzata da tutte le apparecchiature termografiche FLIR Systems. I valori di tensione della formula sono:

Figura 32.2 Tensioni

U_{obj}	Tensione di uscita calcolata della termocamera per un corpo nero di temperatura T_{obj}, vale a dire una tensione direttamente convertibile nella temperatura reale dell'oggetto desiderato.
U_{tot}	Tensione di uscita misurata della termocamera per il caso specifico.
U_{refl}	Tensione di uscita teorica della termocamera per un corpo nero di temperatura T_{refl} in base alla calibrazione.
U_{atm}	Tensione di uscita teorica della termocamera per un corpo nero di temperatura T_{atm} in base alla calibrazione.

L'operatore deve fornire i valori di una serie di parametri per il calcolo:

- l'emittanza dell'oggetto ε
- l'umidità relativa
- T_{atm}
- la distanza dell'oggetto (D_{obj})
- la temperatura (effettiva) dell'area circostante l'oggetto o la temperatura ambientale riflessa T_{refl}
- la temperatura dell'atmosfera T_{atm}

A volte, tale compito può risultare oneroso per l'operatore, poiché in genere non è facile ricavare i valori precisi dell'emittanza e della trasmittanza atmosferica per il caso specifico. In genere, le due temperature non costituiscono un problema, ammesso che l'area circostante l'oggetto non contenga sorgenti di radiazione intensa e di grandi dimensioni.

A questo punto, è naturale domandarsi quanto sia importante conoscere i valori corretti di tali parametri. Potrebbe quindi essere interessante avere subito un'idea del problema, osservando diversi casi di misurazione e confrontando le grandezze relative dei tre termini di radiazione. Ciò fornirà indicazioni utili per determinare quando è importante utilizzare i valori corretti di questi parametri.

Le figure seguenti illustrano le grandezze relative dei tre tipi di radiazione per le temperature di tre diversi oggetti, due emittanze e due intervalli spettrali: SW e LW. Gli altri parametri hanno i seguenti valori fissi:

- $\tau = 0{,}88$
- $T_{refl} = +20°C$
- $T_{atm} = +20°C$

Ovviamente, la misurazione di temperature basse è più delicata della misurazione di quelle alte, in quanto le sorgenti di radiazione di disturbo sono relativamente più forti nel primo caso. Se anche il valore dell'emittanza dell'oggetto fosse basso, la situazione sarebbe ancora più difficile.

Infine, è necessario chiarire l'importanza dell'uso della curva di taratura sul punto di taratura più alto, chiamato anche estrapolazione. Si supponga che in una determinata circostanza U_{tot} sia = 4,5 volt. Il punto di taratura più elevato per la termocamera era nell'ordine di 4,1 volt, un valore sconosciuto all'operatore. Quindi, anche se l'oggetto era un corpo nero, come $U_{obj} = U_{tot}$, in realtà si esegue un'estrapolazione della curva di taratura, convertendo i 4,5 volt nella temperatura.

Si supponga ora che l'oggetto non sia nero, abbia un'emittanza pari a 0,75 e una trasmittanza di 0,92. Si supponga inoltre che la somma dei due secondi termini dell'Equazione 4 dia 0,5 volt. Calcolando U_{obj} tramite l'Equazione 4 si ottiene come risultato $U_{obj} = 4{,}5 / 0{,}75 / 0{,}92 - 0{,}5 = 6{,}0$. Questa è un'estrapolazione piuttosto estrema, in particolare se si considera che l'amplificatore video può limitare il segnale di uscita a 5 volt! Si noti tuttavia che l'applicazione della curva di taratura è una procedura teorica che non prevede alcun limite elettronico o di altra natura. Se non fossero stati imposti limiti di segnale nella termocamera e se questa fosse stata calibrata su un valore superiore a 5 volt, la curva risultante sarebbe stata molto simile alla curva effettiva estrapolata oltre i 4,1 volt, a condizione che l'algoritmo di calibrazione fosse basato sulla fisica delle radiazioni, come l'algoritmo FLIR Systems. Naturalmente, deve esistere un limite per questo tipo di estrapolazioni.

10400603;a2

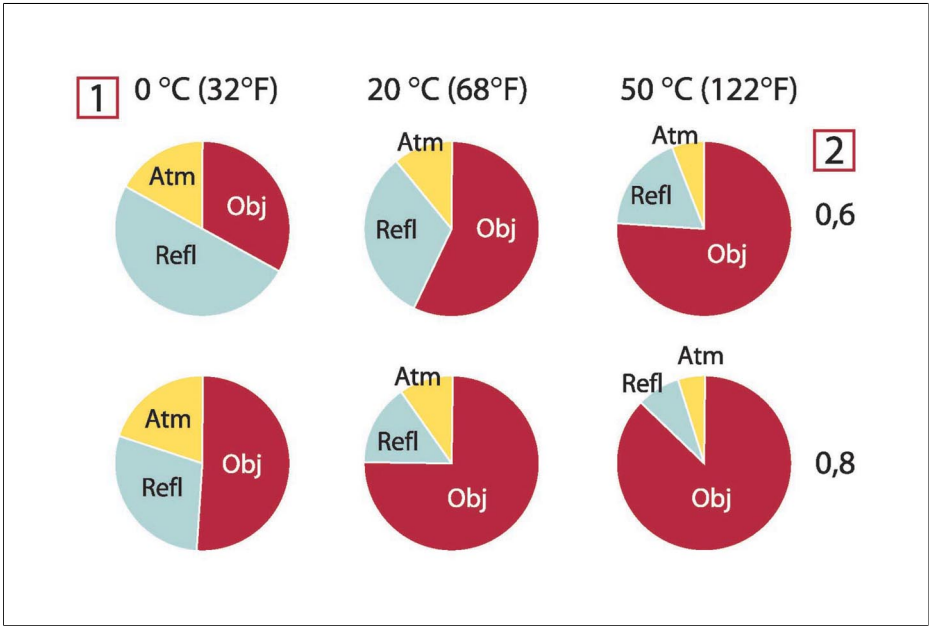


Figura 32.3 Grandezze relative delle sorgenti di radiazione in varie condizioni di misurazione (termocamera SW). **1:** Temperatura dell'oggetto; **2:** Emittanza; **Obj:** Radiazione dell'oggetto; **Refl:** Radiazione riflessa; **Atm:** radiazione dell'atmosfera. Parametri fissi: $\tau = 0{,}88$; $T_{refl} = 20°C$; $T_{atm} = 20°C$.

10400703;a2

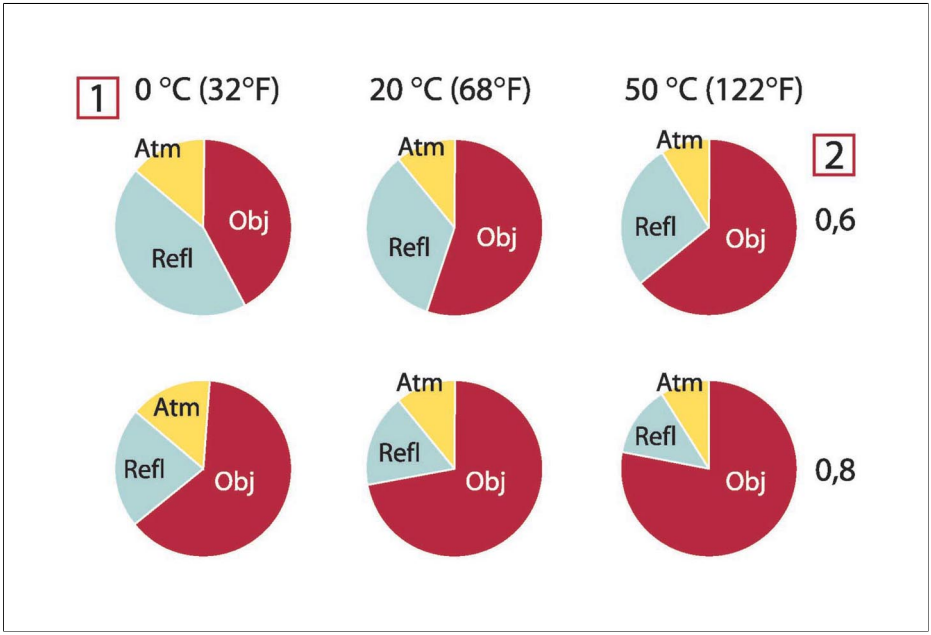


Figura 32.4 Grandezze relative delle sorgenti di radiazione in varie condizioni di misurazione (termocamera LW). **1:** Temperatura dell'oggetto; **2:** Emittanza; **Obj:** Radiazione dell'oggetto; **Refl:** Radiazione riflessa; **Atm:** radiazione dell'atmosfera. Parametri fissi: $\tau = 0{,}88$; $T_{refl} = 20°C$; $T_{atm} = 20°C$.

33 Tabelle di emissività

In questa sezione sono raccolti dati di emissività provenienti da studi sui raggi infrarossi e dalle misurazioni eseguite da FLIR Systems.

33.1 Bibliografia

1	Mikaél' A. Bramson: *Infrared Radiation, A Handbook for Applications*, Plenum press, NY.
2	William L. Wolfe, George J. Zissis: *The Infrared Handbook*, Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C.
3	Madding, R. P.: *Thermographic Instruments and systems*. Madison, Wisconsin: University of Wisconsin - Extension, Department of Engineering and Applied Science.
4	William L. Wolfe: *Handbook of Military Infrared Technology*, Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C.
5	Jones, Smith, Probert: *External thermography of buildings...,* Proc. of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, vol.110, Industrial and Civil Applications of Infrared Technology, June 1977 London.
6	Paljak, Pettersson: *Thermography of Buildings*, Swedish Building Research Institute, Stockholm 1972.
7	Vlcek, J: *Determination of emissivity with imaging radiometers and some emissivities at $\lambda = 5$ µm.* Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.
8	Kern: *Evaluation of infrared emission of clouds and ground as measured by weather satellites*, Defence Documentation Center, AD 617 417.
9	Öhman, Claes: *Emittansmätningar med AGEMA E-Box*. Teknisk rapport, AGEMA 1999. (Emittance measurements using AGEMA E-Box. Technical report, AGEMA 1999.)
10	Matteï, S., Tang-Kwor, E: *Emissivity measurements for Nextel Velvet coating 811-21 between –36°C AND 82°C.*
11	Lohrengel & Todtenhaupt (1996)
12	ITC Technical publication 32.
13	ITC Technical publication 29.

33.2 Nota importante sulle tabelle di emissività

I valori di emissività riportati nella tabella seguente sono stati registrati utilizzando una termocamera a onde corte. Devono pertanto essere considerati come valori raccomandati e utilizzati con cautela.

33.3 Tabelle

Figura 33.1 T: Spettro totale; **SW:** 2-5 μm; **LW:** 8-14 μm, **LLW:** 6,5-20 μm; **1:** Materiale; **2:** Specifiche; **3:** Temperatura in °C; **4:** Spettro; **5:** Emissività: **6:** Riferimento

1	2	3	4	5	6
Acciaio inossidabile	foglio, lucidato	70	LW	0,14	9
Acciaio inossidabile	foglio, lucidato	70	SW	0,18	9
Acciaio inossidabile	foglio, non trattato, parzialmente graffiato	70	LW	0,28	9
Acciaio inossidabile	foglio, non trattato, parzialmente graffiato	70	SW	0,30	9
Acciaio inossidabile	laminato	700	T	0,45	1
Acciaio inossidabile	lega, 8% Ni, 18% Cr	500	T	0,35	1
Acciaio inossidabile	sabbiato	700	T	0,70	1
Acciaio inossidabile	tipo 18-8, lucidato	20	T	0,16	2
Acciaio inossidabile	tipo 18-8, ossidato a 800°C	60	T	0,85	2
Acqua	cristalli di ghiaccio	–10	T	0,98	2
Acqua	distillata	20	T	0,96	2
Acqua	ghiaccio, con spesso strato di brina	0	T	0,98	1
Acqua	ghiaccio, liscio	–10	T	0,96	2
Acqua	ghiaccio, liscio	0	T	0,97	1
Acqua	neve		T	0,8	1
Acqua	neve	–10	T	0,85	2
Acqua	strato, spessore >0,1 mm	0–100	T	0,95-0,98	1

1	2	3	4	5	6
Alluminio	anodizzato, grigio chiaro, opaco	70	LW	0,97	9
Alluminio	anodizzato, grigio chiaro, opaco	70	SW	0,61	9
Alluminio	anodizzato, nero, opaco	70	LW	0,95	9
Alluminio	anodizzato, nero, opaco	70	SW	0,67	9
Alluminio	bagnato in HNO_3, lastra	100	T	0,05	4
Alluminio	come ricevuto, foglio	100	T	0,09	2
Alluminio	come ricevuto, lastra	100	T	0,09	4
Alluminio	deposto sotto vuoto	20	T	0,04	2
Alluminio	foglio, 4 campioni con graffiature differenti	70	LW	0,03-0,06	9
Alluminio	foglio, 4 campioni con graffiature differenti	70	SW	0,05-0,08	9
Alluminio	foglio anodizzato	100	T	0,55	2
Alluminio	fortemente alterato da agenti atmosferici	17	SW	0,83-0,94	5
Alluminio	fortemente ossidato	50–500	T	0,2-0,3	1
Alluminio	fuso, sabbiato	70	LW	0,46	9
Alluminio	fuso, sabbiato	70	SW	0,47	9
Alluminio	irruvidito	27	3 μm	0,28	3
Alluminio	irruvidito	27	10 μm	0,18	3
Alluminio	lastra lucidata	100	T	0,05	4
Alluminio	lucidato	50–100	T	0,04-0,06	1
Alluminio	lucidato, foglio	100	T	0,05	2

1	2	3	4	5	6
Alluminio	pellicola	27	3 μm	0,09	3
Alluminio	pellicola	27	10 μm	0,04	3
Alluminio	superficie ruvida	20–50	T	0,06-0,07	1
Amianto	carta	40–400	T	0,93-0,95	1
Amianto	cartone	20	T	0,96	1
Amianto	lastra	20	T	0,96	1
Amianto	piastrella	35	SW	0,94	7
Amianto	polvere		T	0,40-0,60	1
Amianto	tessuto		T	0,78	1
Arenaria	lucidato	19	LLW	0,909	8
Arenaria	ruvido	19	LLW	0,935	8
Argento	lucidato	100	T	0,03	2
Argento	puro, lucidato	200–600	T	0,02-0,03	1
Argilla	refrattaria	70	T	0,91	1
Biossido di rame	polvere		T	0,84	1
Bronzo	bronzo al fosforo	70	LW	0,06	9
Bronzo	bronzo al fosforo	70	SW	0,08	9
Bronzo	lucidato	50	T	0,1	1
Bronzo	polvere		T	0,76-0,80	1
Bronzo	poroso, ruvido	50–150	T	0,55	1
Calce			T	0,3-0,4	1
Calcestruzzo		20	T	0,92	2
Calcestruzzo	asciutto	36	SW	0,95	7
Calcestruzzo	marciapiede	5	LLW	0,974	8
Calcestruzzo	ruvido	17	SW	0,97	5
Carbonio	fuliggine	20	T	0,95	2
Carbonio	grafite, superficie limata	20	T	0,98	2
Carbonio	nerofumo	20–400	T	0,95-0,97	1

1	2	3	4	5	6
Carbonio	polvere di carbone		T	0,96	1
Carbonio	polvere di grafite		T	0,97	1
Carta	4 colori diversi	70	LW	0,92-0,94	9
Carta	4 colori diversi	70	SW	0,68-0,74	9
Carta	adesiva bianca	20	T	0,93	2
Carta	bianca	20	T	0,7-0,9	1
Carta	bianca, 3 brillantezze diverse	70	LW	0,88-0,90	9
Carta	bianca, 3 brillantezze diverse	70	SW	0,76-0,78	9
Carta	blu scura		T	0,84	1
Carta	gialla		T	0,72	1
Carta	nera, opaca		T	0,94	1
Carta	nera, opaca	70	LW	0,89	9
Carta	nera, opaca	70	SW	0,86	9
Carta	nero		T	0,90	1
Carta	patinata con lacca nera		T	0,93	1
Carta	rossa		T	0,76	1
Carta	verde		T	0,85	1
Carta da parati	motivo leggero, grigio chiaro	20	SW	0,85	6
Carta da parati	motivo leggero, rosso	20	SW	0,90	6
Catrame			T	0,79-0,84	1
Catrame	carta	20	T	0,91-0,93	1
Cromo	lucidato	50	T	0,10	1
Cromo	lucidato	500–1000	T	0,28-0,38	1
Cuoio	tinto		T	0,75-0,80	1
Cupralluminio		20	T	0,60	1
Ebanite			T	0,89	1

1	2	3	4	5	6
Ferro, ghisa	fusione	50	T	0,81	1
Ferro, ghisa	lavorato	800–1000	T	0,60-0,70	1
Ferro, ghisa	lingotti	1000	T	0,95	1
Ferro, ghisa	liquido	1300	T	0,28	1
Ferro, ghisa	lucidato	38	T	0,21	4
Ferro, ghisa	lucidato	40	T	0,21	2
Ferro, ghisa	lucidato	200	T	0,21	1
Ferro, ghisa	non lavorato	900–1100	T	0,87-0,95	1
Ferro, ghisa	ossidato	38	T	0,63	4
Ferro, ghisa	ossidato	100	T	0,64	2
Ferro, ghisa	ossidato	260	T	0,66	4
Ferro, ghisa	ossidato	538	T	0,76	4
Ferro, ghisa	ossidato a 600°C	200–600	T	0,64-0,78	1
Ferro e acciaio	arrugginito, rosso	20	T	0,69	1
Ferro e acciaio	battuto, lucidato accuratamente	40–250	T	0,28	1
Ferro e acciaio	brillante, inciso	150	T	0,16	1
Ferro e acciaio	coperto da ruggine rossa	20	T	0,61-0,85	1
Ferro e acciaio	elettrolitico	22	T	0,05	4
Ferro e acciaio	elettrolitico	100	T	0,05	4
Ferro e acciaio	elettrolitico	260	T	0,07	4
Ferro e acciaio	elettrolitico, accuratamente lucidato	175–225	T	0,05-0,06	1
Ferro e acciaio	foglio fortemente arrugginito	20	T	0,69	2
Ferro e acciaio	foglio laminato	50	T	0,56	1
Ferro e acciaio	foglio lucidato	750–1050	T	0,52-0,56	1
Ferro e acciaio	foglio smerigliato	950–1100	T	0,55-0,61	1
Ferro e acciaio	fortemente arrugginito	17	SW	0,96	5

1	2	3	4	5	6
Ferro e acciaio	fortemente ossidato	50	T	0,88	1
Ferro e acciaio	fortemente ossidato	500	T	0,98	1
Ferro e acciaio	laminato a caldo	20	T	0,77	1
Ferro e acciaio	laminato a caldo	130	T	0,60	1
Ferro e acciaio	laminato a freddo	70	LW	0,09	9
Ferro e acciaio	laminato a freddo	70	SW	0,20	9
Ferro e acciaio	laminato di recente	20	T	0,24	1
Ferro e acciaio	lucidato	100	T	0,07	2
Ferro e acciaio	lucidato	400–1000	T	0,14-0,38	1
Ferro e acciaio	ossidato	100	T	0,74	1
Ferro e acciaio	ossidato	100	T	0,74	4
Ferro e acciaio	ossidato	125–525	T	0,78-0,82	1
Ferro e acciaio	ossidato	200	T	0,79	2
Ferro e acciaio	ossidato	200–600	T	0,80	1
Ferro e acciaio	ossidato	1227	T	0,89	4
Ferro e acciaio	ruggine rossa, foglio	22	T	0,69	4
Ferro e acciaio	ruvido, superficie piana	50	T	0,95-0,98	1
Ferro e acciaio	smerigliato di recente	20	T	0,24	1
Ferro e acciaio	strato di ossido brillante, foglio	20	T	0,82	1
Ferro galvanizzato	foglio	92	T	0,07	4
Ferro galvanizzato	foglio, brunito	30	T	0,23	1
Ferro galvanizzato	foglio, ossidato	20	T	0,28	1
Ferro galvanizzato	fortemente ossidato	70	LW	0,85	9

1	2	3	4	5	6
Ferro galvanizzato	fortemente ossidato	70	SW	0,64	9
Ferro stagnato	foglio	24	T	0,064	4
Gesso		17	SW	0,86	5
Gesso	pannello in cartongesso, non trattato	20	SW	0,90	6
Gesso	prima mano di intonaco	20	T	0,91	2
Gesso idrato		20	T	0,8-0,9	1
Ghiaccio: vedere Acqua					
Gomma	dura	20	T	0,95	1
Gomma	morbida, grigia, ruvida	20	T	0,95	1
Granito	lucidato	20	LLW	0,849	8
Granito	rugoso, 4 campioni differenti	70	LW	0,77-0,87	9
Granito	rugoso, 4 campioni differenti	70	SW	0,95-0,97	9
Granito	ruvido	21	LLW	0,879	8
Idrossido di alluminio	polvere		T	0,28	1
Krylon Ultra-flat black 1602	Nero opaco	Temperatura ambiente fino a 175°C	LW	ca. 0,96	12
Krylon Ultra-flat black 1602	Nero opaco	Temperatura ambiente fino a 175°C	MW	ca. 0,97	12
Laccatura	3 colori, spruzzata su alluminio	70	LW	0,92-0,94	9
Laccatura	3 colori, spruzzata su alluminio	70	SW	0,50-0,53	9
Laccatura	alluminio su superficie ruvida	20	T	0,4	1
Laccatura	bachelite	80	T	0,83	1

1	2	3	4	5	6
Laccatura	bianca	40–100	T	0,8-0,95	1
Laccatura	bianca	100	T	0,92	2
Laccatura	nera, brillante, spruzzata su ferro	20	T	0,87	1
Laccatura	nera, opaca	40–100	T	0,96-0,98	1
Laccatura	nera, opaca	100	T	0,97	2
Laccatura	resistente al calore	100	T	0,92	1
Legno		17	SW	0,98	5
Legno		19	LLW	0,962	8
Legno	bianco, umido	20	T	0,7-0,8	1
Legno	compensato, liscio, asciutto	36	SW	0,82	7
Legno	compensato, non trattato	20	SW	0,83	6
Legno	pasta		T	0,5-0,7	1
Legno	piallato	20	T	0,8-0,9	1
Legno	pino, 4 campioni differenti	70	LW	0,81-0,89	9
Legno	pino, 4 campioni differenti	70	SW	0,67-0,75	9
Legno	quercia piallata	20	T	0,90	2
Legno	quercia piallata	70	LW	0,88	9
Legno	quercia piallata	70	SW	0,77	9
Magnesio		22	T	0,07	4
Magnesio		260	T	0,13	4
Magnesio		538	T	0,18	4
Magnesio	lucidato	20	T	0,07	2
Malta		17	SW	0,87	5
Malta	asciutto	36	SW	0,94	7
Mattone	allumina	17	SW	0,68	5
Mattone	argilla refrattaria	20	T	0,85	1

1	2	3	4	5	6
Mattone	argilla refrattaria	1000	T	0,75	1
Mattone	argilla refrattaria	1200	T	0,59	1
Mattone	comune	17	SW	0,86-0,81	5
Mattone	impermeabile	17	SW	0,87	5
Mattone	mattone refrattario	17	SW	0,68	5
Mattone	muratura	35	SW	0,94	7
Mattone	muratura, intonacato	20	T	0,94	1
Mattone	refrattario, corindone	1000	T	0,46	1
Mattone	refrattario, fortemente radiante	500–1000	T	0,8-0,9	1
Mattone	refrattario, magnesite	1000–1300	T	0,38	1
Mattone	refrattario, scarsamente radiante	500–1000	T	0,65-0,75	1
Mattone	rosso, comune	20	T	0,93	2
Mattone	rosso, ruvido	20	T	0,88-0,93	1
Mattone	silice, 95% SiO_2	1230	T	0,66	1
Mattone	silice dinas, lucidato, ruvido	1100	T	0,85	1
Mattone	silice dinas, non lucidato, ruvido	1000	T	0,80	1
Mattone	silice dinas, refrattario	1000	T	0,66	1
Mattone	sillimanite, 33% SiO_2, 64% Al_2O_3	1500	T	0,29	1
Molibdeno		600–1000	T	0,08-0,13	1
Molibdeno		1500–2200	T	0,19-0,26	1
Molibdeno	filamento	700–2500	T	0,1-0,3	1
Neve: vedere Acqua					

1	2	3	4	5	6
Nextel Velvet 811-21 Black	Nero opaco	–60–150	LW	> 0,97	10 e 11
Nichel	brillante opaco	122	T	0,041	4
Nichel	commercialmente puro, lucidato	100	T	0,045	1
Nichel	commercialmente puro, lucidato	200–400	T	0,07-0,09	1
Nichel	elettrolitico	22	T	0,04	4
Nichel	elettrolitico	38	T	0,06	4
Nichel	elettrolitico	260	T	0,07	4
Nichel	elettrolitico	538	T	0,10	4
Nichel	elettroplaccato, lucidato	20	T	0,05	2
Nichel	elettroplaccato su ferro, lucidato	22	T	0,045	4
Nichel	elettroplaccato su ferro, non lucidato	20	T	0,11-0,40	1
Nichel	elettroplaccato su ferro, non lucidato	22	T	0,11	4
Nichel	filo	200–1000	T	0,1-0,2	1
Nichel	lucidato	122	T	0,045	4
Nichel	ossidato	200	T	0,37	2
Nichel	ossidato	227	T	0,37	4
Nichel	ossidato	1227	T	0,85	4
Nichel	ossidato a 600°C	200–600	T	0,37-0,48	1
Nichel-cromo	filo, ossidato	50–500	T	0,95-0,98	1
Nichel-cromo	filo, pulito	50	T	0,65	1
Nichel-cromo	filo, pulito	500–1000	T	0,71-0,79	1
Nichel-cromo	laminato	700	T	0,25	1
Nichel-cromo	sabbiato	700	T	0,70	1
Olio, lubrificante	film da 0,025 mm	20	T	0,27	2

1	2	3	4	5	6
Olio, lubrificante	film da 0,050 mm	20	T	0,46	2
Olio, lubrificante	film da 0,125 mm	20	T	0,72	2
Olio, lubrificante	film su base Ni: solo base Ni	20	T	0,05	2
Olio, lubrificante	rivestimento spesso	20	T	0,82	2
Oro	fortemente lucidato	100	T	0,02	2
Oro	lucidato	130	T	0,018	1
Oro	lucidato accuratamente	200–600	T	0,02-0,03	1
Ossido di alluminio	attivato, polvere		T	0,46	1
Ossido di alluminio	puro, polvere (allumina)		T	0,16	1
Ossido di nichel		500–650	T	0,52-0,59	1
Ossido di nichel		1000–1250	T	0,75-0,86	1
Ossido di rame	rosso, polvere		T	0,70	1
Ottone	foglio, laminato	20	T	0,06	1
Ottone	foglio, smerigliato	20	T	0,2	1
Ottone	fortemente lucidato	100	T	0,03	2
Ottone	lucidato	200	T	0,03	1
Ottone	opaco, ossidato	20–350	T	0,22	1
Ottone	ossidato	70	SW	0,04-0,09	9
Ottone	ossidato	70	LW	0,03-0,07	9
Ottone	ossidato	100	T	0,61	2
Ottone	ossidato a 600°C	200–600	T	0,59-0,61	1
Ottone	smerigliato utilizzando carta vetrata con graniglia 80	20	T	0,20	2
Pannello di fibra	masonite	70	LW	0,88	9

1	2	3	4	5	6
Pannello di fibra	masonite	70	SW	0,75	9
Pannello di fibra	pannello di truciolato	70	LW	0,89	9
Pannello di fibra	pannello di truciolato	70	SW	0,77	9
Pannello di fibra	poroso, non trattato	20	SW	0,85	6
Pannello di fibra	rigido, non trattato	20	SW	0,85	6
Panno	nero	20	T	0,98	1
Pavimentazione di asfalto		4	LLW	0,967	8
Pelle	umana	32	T	0,98	2
Piastrella	vetrificata	17	SW	0,94	5
Piombo	brillante	250	T	0,08	1
Piombo	non ossidato, lucidato	100	T	0,05	4
Piombo	ossidato, grigio	20	T	0,28	1
Piombo	ossidato, grigio	22	T	0,28	4
Piombo	ossidato a 200°C	200	T	0,63	1
Piombo rosso		100	T	0,93	4
Piombo rosso, polvere		100	T	0,93	1
Plastica	laminato in fibra di vetro (scheda per circuito stampato)	70	LW	0,91	9
Plastica	laminato in fibra di vetro (scheda per circuito stampato)	70	SW	0,94	9
Plastica	pannello isolante in poliuretano	70	LW	0,55	9
Plastica	pannello isolante in poliuretano	70	SW	0,29	9

1	2	3	4	5	6
Plastica	PVC, pavimento in plastica, opaco, strutturato	70	LW	0,93	9
Plastica	PVC, pavimento in plastica, opaco, strutturato	70	SW	0,94	9
Platino		17	T	0,016	4
Platino		22	T	0,03	4
Platino		100	T	0,05	4
Platino		260	T	0,06	4
Platino		538	T	0,10	4
Platino		1000–1500	T	0,14-0,18	1
Platino		1094	T	0,18	4
Platino	filo	50–200	T	0,06-0,07	1
Platino	filo	500–1000	T	0,10-0,16	1
Platino	filo	1400	T	0,18	1
Platino	nastro	900–1100	T	0,12-0,17	1
Platino	puro, lucidato	200–600	T	0,05-0,10	1
Polistirolo	isolante	37	SW	0,60	7
Polvere di magnesio			T	0,86	1
Porcellana	bianca, brillante		T	0,70-0,75	1
Porcellana	vetrificata	20	T	0,92	1
Rame	commerciale, brunito	20	T	0,07	1
Rame	elettrolitico, accuratamente lucidato	80	T	0,018	1
Rame	elettrolitico, lucidato	–34	T	0,006	4
Rame	fortemente ossidato	20	T	0,78	2
Rame	fuso	1100–1300	T	0,13-0,15	1

1	2	3	4	5	6
Rame	lucidato	50–100	T	0,02	1
Rame	lucidato	100	T	0,03	2
Rame	lucidato, commerciale	27	T	0,03	4
Rame	lucidato, meccanico	22	T	0,015	4
Rame	ossidato	50	T	0,6-0,7	1
Rame	ossidato, nero	27	T	0,78	4
Rame	ossidato fino all'annerimento		T	0,88	1
Rame	puro, superficie accuratamente preparata	22	T	0,008	4
Rame	raschiato	27	T	0,07	4
Sabbia			T	0,60	1
Sabbia		20	T	0,90	2
Scorie	caldaia	0–100	T	0,97-0,93	1
Scorie	caldaia	200–500	T	0,89-0,78	1
Scorie	caldaia	600–1200	T	0,76-0,70	1
Scorie	caldaia	1400–1800	T	0,69-0,67	1
Smalto		20	T	0,9	1
Smalto	lacca	20	T	0,85-0,95	1
Smeriglio	grezzo	80	T	0,85	1
Stagno	brunito	20–50	T	0,04-0,06	1
Stagno	foglio di ferro stagnato	100	T	0,07	2
Stucco	ruvido, calce	10–90	T	0,91	1
Terreno	asciutto	20	T	0,92	2
Terreno	saturo di acqua	20	T	0,95	2
Tipo 3M 35	Nastro isolante vinilico (diversi colori)	< 80	LW	ca. 0,96	13

1	2	3	4	5	6
Tipo 3M 88	Nastro isolante vinilico nero	< 105	LW	ca. 0,96	13
Tipo 3M 88	Nastro isolante vinilico nero	< 105	MW	< 0,96	13
Tipo 3M Super 33+	Nastro isolante vinilico nero	< 80	LW	ca. 0,96	13
Titanio	lucidato	200	T	0,15	1
Titanio	lucidato	500	T	0,20	1
Titanio	lucidato	1000	T	0,36	1
Titanio	ossidato a 540°C	200	T	0,40	1
Titanio	ossidato a 540°C	500	T	0,50	1
Titanio	ossidato a 540°C	1000	T	0,60	1
Truciolato	non trattato	20	SW	0,90	6
Tungsteno		200	T	0,05	1
Tungsteno		600–1000	T	0,1-0,16	1
Tungsteno		1500–2200	T	0,24-0,31	1
Tungsteno	filamento	3300	T	0,39	1
Vernice	8 diversi tipi e colori	70	LW	0,92-0,94	9
Vernice	8 diversi tipi e colori	70	SW	0,88-0,96	9
Vernice	alluminio, vari stati di invecchiamento	50–100	T	0,27-0,67	1
Vernice	base olio, media di 16 colori	100	T	0,94	2
Vernice	blu cobalto		T	0,7-0,8	1
Vernice	giallo cadmio		T	0,28-0,33	1
Vernice	olio	17	SW	0,87	5
Vernice	olio, diversi colori	100	T	0,92-0,96	1
Vernice	olio, grigia, lucida	20	SW	0,96	6
Vernice	olio, grigia, opaca	20	SW	0,97	6

1	2	3	4	5	6
Vernice	olio, nero lucido	20	SW	0,92	6
Vernice	olio, nero opaco	20	SW	0,94	6
Vernice	plastica, bianco	20	SW	0,84	6
Vernice	plastica, nero	20	SW	0,95	6
Vernice	verde cromo		T	0,65-0,70	1
Vernice trasparente	opaca	20	SW	0,93	6
Vernice trasparente	su parquet in quercia	70	LW	0,90-0,93	9
Vernice trasparente	su parquet in quercia	70	SW	0,90	9
Zinco	foglio	50	T	0,20	1
Zinco	lucidato	200–300	T	0,04-0,05	1
Zinco	ossidato a 400°C	400	T	0,11	1
Zinco	superficie ossidata	1000–1200	T	0,50-0,60	1

A note on the technical production of this publication

This publication was produced using XML—the *eXtensible Markup Language*. For more information about XML, please visit http://www.w3.org/XML/

A note on the typeface used in this publication

This publication was typeset using Swiss 721, which is Bitstream's pan-European version of the Helvetica™ typeface. Helvetica™ was designed by Max Miedinger (1910–1980).

List of effective files

20235108.xml b18
20235208.xml b12
20235308.xml b13
20236708.xml b27
20237108.xml b13
20238508.xml a8
20238708.xml a7
20250408.xml a17
20254903.xml a75
20257008.xml a23
20257108.xml a7
20257308.xml a14
20279808.xml a7
20281008.xml a3
20287308.xml a5
20292408.xml a2
20295008.xml a5
20295708.xml a2
20295808.xml a2
20295908.xml a2
20296108.xml a2
20296208.xml a2
20296308.xml a2
20296408.xml a2
20296508.xml a2
20296608.xml a2
20296708.xml a2
20296808.xml a2
20296908.xml a2
20297008.xml a2
20297208.xml a2
20297308.xml a2
20297408.xml a4
20297508.xml a2
20297608.xml a1
20299608.xml a2
R133.rcp a4
config.xml a5

Corporate Headquarters
FLIR Systems, Inc.
27700 SW Parkway Avenue
Wilsonville, OR 97070
USA
Telephone: +1-800-727-3547
Website: http://www.flir.com